Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Вологодский государственный университет

XIV ЕЖЕГОДНАЯ НАУЧНАЯ СЕССИЯ АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Материалы
Всероссийской научной конференции

(Вологда, 24–27 ноября 2020 г.)

Том I
Технические и естественные науки

Вологда
2020

УДК 001(06)
ББК 72
Ч-54

Утверждено экспертным советом по научной литературе ВоГУ

Редакционная коллегия:

В. Н. Маковеев (главный редактор), А. М. Прахова,
В. А. Горбунов, Г. А. Сазонова, В. А. Раков, А. Н. Алюнов, А. А. Синицын,
С. В. Колобова, Н. М. Дементьев, И. С. Казакова, С. Н. Рыбаков,
С. М. Хамитова, М. А. Иванова, Ю. Н. Белова, Н. А. Зейслер

XIV Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых :
Ч-54 материалы Всероссийской научной конференции (Вологда, 24–27 ноября 2020 г.) : в 3 т. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет ; [главный редактор В. Н. Маковеев]. – Вологда : ВоГУ, 2020. – Т. 1: Технические и естественные науки. – 579 с. : ил.

ISBN 978-5-87851-929-8
ISBN 978-5-87851-930-4 (т. 1)

В сборнике представлены результаты научных исследований молодых ученых, аспирантов, магистрантов, студентов старших курсов вузов Вологодской области и других регионов Российской Федерации по проблемам информационных систем и технологий, машиностроения, электроэнергетики, строительства, архитектуры, экологии, биологии.

УДК 001(06)
ББК 72

ISBN 978-5-87851-930-4 (т. 1)
ISBN 978-5-87851-929-8

© ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», 2020

Уважаемые коллеги!

Сегодня, чтобы быть конкурентоспособным на рынке труда, выпускник университета должен не только владеть необходимым объемом специальных знаний, но и определенными навыками творческого решения практических задач, уметь достаточно быстро адаптироваться к изменяющимся условиям. В связи с этим приобретает актуальность концептуальный принцип «Образование – через науку».

Для реализации этого принципа на базе Вологодского государственного университета ежегодно проводятся научные Сессии аспирантов и молодых ученых.

В 2020 году Сессия состоялась в 14-й раз в период с 24 по 27 ноября. В рамках Сессии студенты, аспиранты, молодые ученые Вологодской области и других регионов Российской Федерации могли продемонстрировать свои научные результаты и обменяться опытом.

Всего в 2020 году в рамках Сессии состоялось 14 научных мероприятий, основными из которых выступили: Всероссийская научная конференция, финальный этап конкурса инновационных проектов Программы «УМНИК». В работе Сессии приняли участие свыше 450 человек из 48 учебных заведений и организаций Вологды, Череповца, Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Иркутска, Ярославля, Иванова и других городов.

Более 390 участников Сессии получили возможность информирования научной общественности о результатах своих исследований в рамках секций конференции по 20 направлениям технических, общественных, гуманитарных и естественных наук, а также во время защиты инновационных проектов по программе Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере «Участник молодежного научного инновационного конкурса» (У.М.Н.И.К.).

По итогам докладов и выступлений участников Всероссийской научной конференции – основного научного мероприятия Сессии – был составлен данный сборник научных трудов.

Надеюсь, что результаты научно-исследовательской деятельности участников Сессии, представленные в докладах, инновационных проектах и опубликованные в этом сборнике, не только продемонстрируют высокий интеллектуальный потенциал молодежи, но и вызовут интерес в научных и деловых кругах, внесут весомый вклад в социально-экономическое развитие территорий и повышение качества и уровня жизни населения.

Председатель Программного комитета
кандидат экономических наук
В. Н. Маковеев

Секция «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

МЕТОДИКА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ ПО ДАННЫМ СЪЕМКИ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 19-71-00040

Р.А. Алешко, К.В. Шошина, А.П. Богданов
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
г. Архангельск

В последние несколько лет в российских и международных научных исследованиях все чаще применяются беспилотные летательных аппараты (БПЛА) для решения задач, требующих высокой детальности. Однако методы и программные системы, предназначенные для интерпретации данных такого рода, пока слабо представлены на международном рынке. А законченные программные решения, позволяющие с достаточным уровнем достоверности решать задачи в предметных областях, таких как лесное хозяйство, фактических отсутствуют.

Задача, на решение которой направлено исследование, состоит в повышении детальности и достоверности данных о лесных ресурсах, получаемых автоматизировано с использованием дистанционных средств, за счет применения морфологических и спектральных методов обработки цифровых изображений с БПЛА, а также системного подхода к анализу получаемой информации.

В ходе выполнения исследования в северо-таежном лесном районе на территории Архангельской области было заложено 10 круговых тестовых площадок, покрытых лесной растительностью, радиусом 10 м. Участки характеризуются разнообразным породно-возрастным составом. На участках проведены полевые работы, направленные на подеревный перечет деревьев инструментальным способом. На пробных площадках была выполнена цифровая съемка с применением БПЛА с пространственным разрешением снимков не ниже 0,05 метров на пиксель. Возможности камеры позволяют получить данные о спектральной отражательной способности наземных объектов без необходимости дополнительной корректировки съемочных данных.

Для идентификации, оконтуривания и геопозиционирования крон отдельных деревьев был использован ряд методов цифровой обработки изображений. Используемый морфологический подход включает ASF-фильтрацию изображения для того, чтобы сгладить исходное изображение, устранить некоторые шумы, добиться улучшения информативности изображения с сохранением его топологии. С использованием подходов к выделению локальных

максимумов и сегментации удалось «нарастить» контур крон, начиная от точки вершины. Были определены локальные максимумы яркости растра.

Далее изображение было сегментировано методом водораздела. При использовании данного метода растр представлялся в качестве трехмерной поверхности, точки которого заданы двумя пространственными координатами, а в качестве высоты выступал уровень яркости.

Применение алгоритма сегментации по водоразделам часто приводит к эффекту избыточной сегментации, вызванной шумом и локальными экстремумами на изображении. Подход, применяемый для управления избыточной сегментацией, основан на идее маркеров. Маркером является связная компонента, принадлежащая изображению. В нашем случае в качестве маркеров выбраны выделенные ранее локальные максимумы яркости растра.

Итогом применяемых подходов стал метод идентификации, оконтуривания и геопозиционирования крон отдельных деревьев по данным съемки с БПЛА.

Опыт работы с цифровой съемкой в видимом диапазоне спектра показал, что спектральные (тоновые) свойства хвойных деревьев слабо отличаются от лиственных, не говоря уже о разделении сосновых и еловых лесов. Для решения этой задачи предлагается выполнение съемки не только в видимом диапазоне, но и инфракрасном (ИК). Фотосинтезирующая растительность имеет наиболее высокие пики отражения в ИК-диапазоне длин волн. Следствием этого является наиболее контрастные различия пород деревьев на цифровых снимках, выполненных в данном спектральном диапазоне.

В ходе работы были собраны данные об отражательных свойствах основных лесообразующих пород и проанализированы спектральные профили различных пород деревьев в видимом и ИК-диапазоне. Результирующий метод определения породы в совокупности с полученным на предыдущем этапе методом выделения крон позволил достоверно определять породу деревьев, а также выявлять различные патологии растений.

Представленные выше методы автоматизированной идентификации контуров крон и интерпретации пород деревьев, безусловно, смогут сделать процесс актуализации данных о лесных древостоях значительно эффективнее. Однако очевидным является и тот факт, что данных о месторасположении и породе деревьев абсолютно недостаточно для решения практических задач и обновления информации о лесах.

Поэтому при интерпретации других параметров по высокодетальным аэрокосмическим изображениям необходимо учитывать многолетние статистические данные и зависимости, собранные специалистами в сфере лесного хозяйства. Однако возникает серьезная проблема интеграции этих данных для автоматизированной обработки на компьютере. Одним из вариантов решения может быть применение методов структурирования знаний об объектах местности, их свойствах и взаимосвязях совместно с разработанными методами интерпретации объектов на цифровых детальных снимках с БПЛА.

Для организации такого рода знаний в форме структуры предлагается использование аппарата онтологии в связи с тем, что данный динамично развивающийся инструмент позволяет наглядно организовать и представить знания о системах объектов местности и данных съемки в виде модели «объекты, свойства, отношения», гибко манипулировать знаниями. Также к сильным сторонам данного аппарата относится возможность удобной интеграции структур знаний из разных предметных областей.

Общим результатом работы является методика, позволяющая на основе данных детальной многоспектральной съемки лесных ресурсов с БПЛА достоверно идентифицировать контуры отдельных деревьев, интерпретировать диаметр кроны, породу, запас древесины, возраст, высоту древостоя. Методика включает метод идентификации отдельных крон, метод спектрального анализа выделенных крон, а также систему зависимостей между признаками, определяемыми по данным детальной цифровой съемки, и параметрами лесных ресурсов.

Методика была реализована в виде программного средства на языке программирования Python, позволяющего автоматизировано выполнять обработку и интерпретацию детального снимка с БПЛА.

Перечисленные выше результаты имеют высокую практическую значимость и будут применяться в лесной отрасли для обновления и детализации материалов учета лесных ресурсов. Результаты работы будут способствовать цифровой трансформации бизнес-процессов на предприятиях лесного комплекса и станут элементом построения цифровой экономики.

1. Разработка методики актуализация информации о лесном участке с использованием снимков со спутников и малых БПЛА / Алешко, Р. А., Алексеева, А. А., Шошина, К. В. [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14, № 5. – С. 87–102.

2. Разработка методики визуализации и обработки геопространственных данных / Алешко, Р. А., Гурьев, А. Т., Шошина, К. В., Щеников, В. С. // Научная визуализация. – 2015. – Т. 7, № 1. – С. 20–29.

3. Совершенствование мониторинга лесов путем использования облачных технологий как элемента устойчивого лесоуправления / Богданов, А. П., Карпов, А. А., Демина, Н. А., Алешко, Р. А. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, № 1. – С. 89–100.

4. Automated processing of unmanned aerial vehicles images based on conceptual modeling of objective tasks / Vasendina I., Shoshina K., Guriev A., Aleshko R. // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1553, Issue 1, 29 May.

РАЗРАБОТКА WEB-РЕСУРСА ДЛЯ КОМПЛЕКСА ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

Т.С. Аносова
Научный руководитель ***Г.А. Сазонова****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Web-ресурс является мощным инструментом для привлечения внимания новых клиентов и удержания уже существующих, а также служит для поддержки конкурентоспособности в той или сфере деятельности. Помимо этого, Web-ресурс – это интерактивное средство обмена информацией, которое позволяет ответить на большинство вопросов пользователей, а также и недорогой вид рекламы, который заметно расширит аудиторию. Web-ресурс – это визитная карточка любой организации.

В данной работе Web-ресурс разработан для комплекса плавательных бассейнов «Осьминожка», который предоставляет различные услуги по плаванию для людей любого возраста, начиная от грудничкового плавания и заканчивая группой здоровья лиц пожилого возраста. Web-ресурс для комплекса плавательных бассейнов «Осьминожка» позволит не только познакомить пользователя с достоверной и актуальной информацией о бассейне и предоставляемых услугах, но и взаимодействовать с ним через обратную связь и личный кабинет. Интерактивность с пользователем, а также динамичность являются неотъемлемыми преимуществами любого Web-ресурса, ведь статические Web-страницы давно перестали пользоваться популярностью в связи с невозможностью в полной мере отобразить информацию так, чтобы заинтересовать клиента [1].

Основная цель данной работы заключается в разработке для пользователей многофункционального и удобного инструмента, с помощью которого они могут не только знакомиться с информацией, но и использовать личный кабинет для получения абонемента путем регистрации/авторизации. Пользователи должны иметь возможность оставлять интересующие их вопросы на Web-ресурсе путем заполнения форм обратной связи. Кроме того, Web-ресурс должен быть адаптирован под мобильные устройства, поскольку динамика роста аудитории, подключенной через мобильный интернет, продолжает увеличиваться.

Функциональная структура Web-ресурса для комплекса плавательных бассейнов «Осьминожка» представлена на рисунке 1. Она состоит из локального сервера, базы данных и двух панелей.

Разрабатываемый Web-ресурс имеет следующие разделы, которые являются Web-страницами и доступны для просмотра пользователю: Главная, Услуги, Расписание, Прейскурант, Команда, Контакты, Вход. Пользователь может как просматривать контент Web-ресурса и отправлять запрос на сервер, так и изменять его (контент), если он имеет права администратора. Также у

данного Web-ресурса имеется панель администратора, доступ к которой можно получить после успешной авторизации с помощью логина и пароля. Данная панель содержит следующие разделы: Редактор кода, Редактор БД, Менеджер пользователей, Менеджер заявок. В панели администратора осуществляется техническая поддержка Web-ресурса, улучшение его работы, редактирование текстового и визуального наполнения.

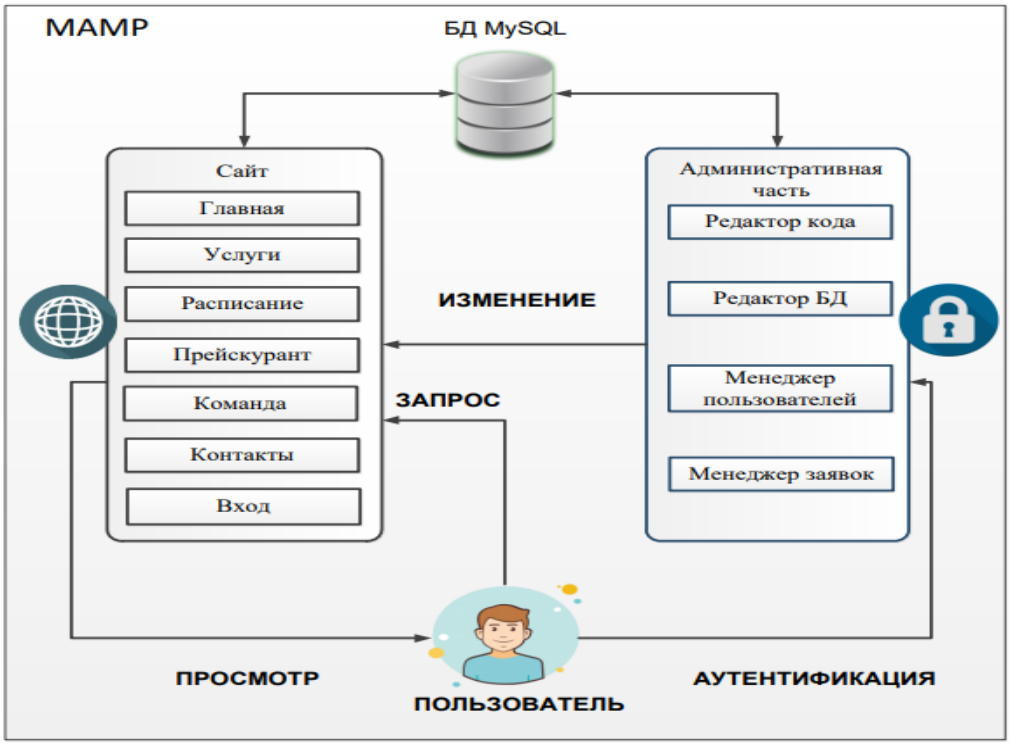


Рис. 1. Функциональная структура Web-ресурса

На основе диаграмм вариантов использования и деятельности было рассмотрено поведение пользователя. Диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 2 и включает в себя двух действующих актеров – Пользователя и Администратора. В функции пользователя входит: переход по Web-страницам, просмотр контента, поиск информации, вход в личный кабинет или регистрация, заполнение форм обратной связи, а также запись в бассейн путем выбора абонемента для себя или ребенка. Администратор Web-ресурса выполняет настройку, изменение и просмотр контента.

Диаграмма деятельности, представленная на рисунке 3, наглядно отображает действия пользователя при открытии Web-ресурса.

При открытии Web-ресурса пользователю предоставляется возможность перехода по Web-страницам для ознакомления с информацией о комплексе плавательных бассейнов. При входе в личный кабинет пользователь может записаться в бассейн путем выбора абонемента, в котором указано направление и время посещения, после чего он осуществляет выход из личного кабинета и закрывает Web-ресурс.

Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

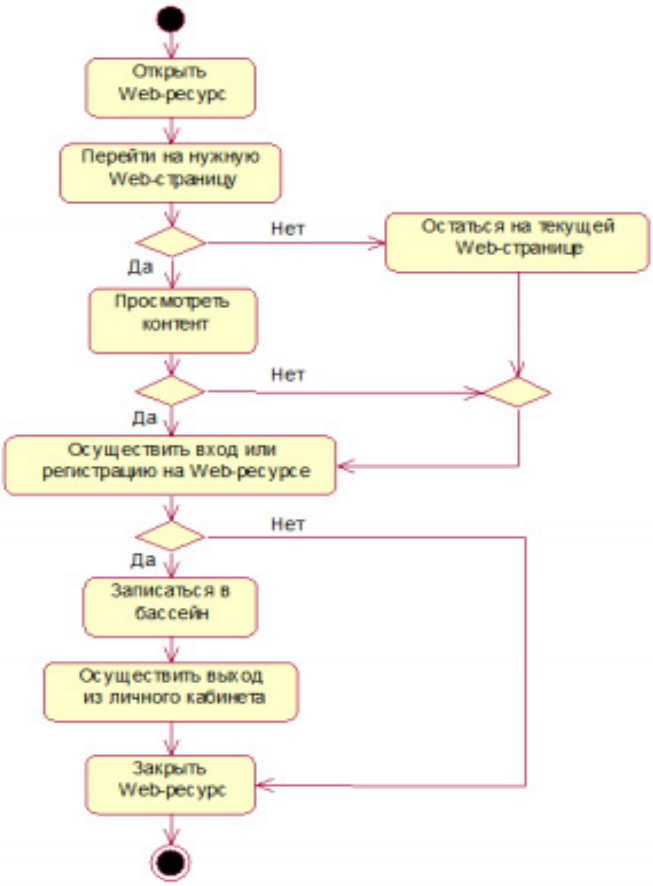


Рис. 3. Диаграмма деятельности

Разработана покадровая реализация сценария Web-ресурса, включающая в себя различные информационные объекты (текст, графика, видеоизображе-

ние). Сценарий является структурой взаимосвязанных информационных объектов (страниц, кадров). Структура Web-страницы «Главная» изображена на рисунке 4.

Первый и последний элементы соответствуют двум структурным блокам Web-ресурса: шапка (header) и подвал (footer). Элемент 2 содержит пункты меню. Кнопка входа в личный кабинет представлена на элементе 3. Элемент 4 включает в себя изображение с текстовой информацией, на котором расположена форма обратной связи (элемент 5). Встроенные галереи большого и малого бассейна с текстовой информацией соответствуют элементам 6 и 7. Элемент 8 включает в себя встроенные видео с YouTube о бассейне, элемент 9 – текстовая и графическая информация. Кроме того, на Web-странице «Главная» имеется встроенный виджет «ВКонтакте», соответствующий элементу 10. Раздел для часто задаваемых вопросов, разработанный при помощи анимации на JavaScript, отображается на элементе 11.

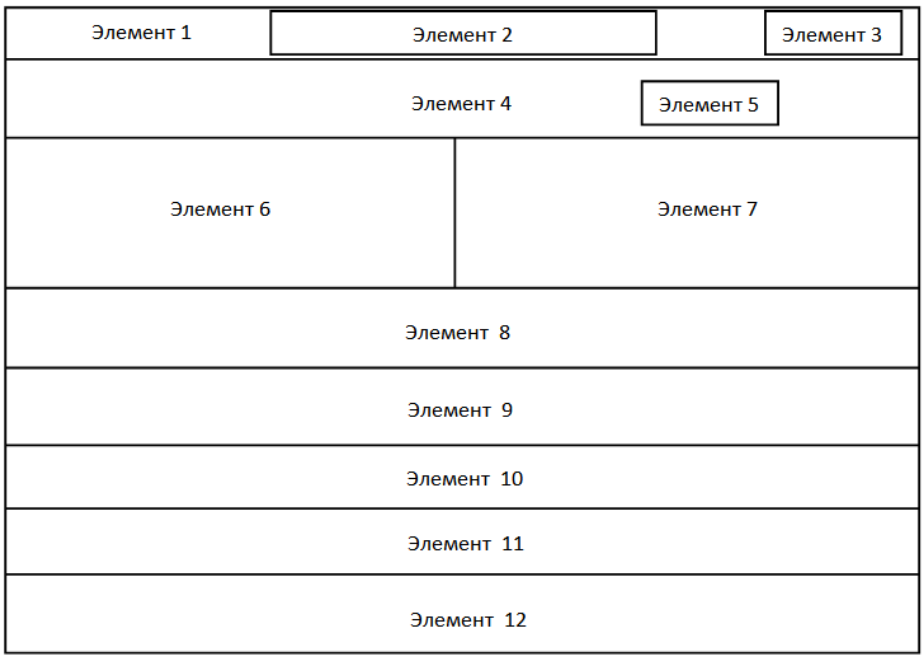


Рис. 4. Структура Web-страницы «Главная»

Для разработки динамических Web-страниц использовался локальный сервер MAMP, с помощью которого редактировался основной контент и функционал Web-ресурса, вместо того чтобы напрямую работать на удаленном сервере.

Управление базой данных осуществлялось через Web-приложение phpMyAdmin, представляющего собой Web-интерфейс для администрирования СУБД MySQL.

В качестве оформления интерфейса и вёрстки страниц использовались HTML-код и CSS шаблоны, а для обработки действий пользователя Javascript, PHP и Ajax для ассинхронной обработки данных. Технология Ajax подразумевает динамическое и асинхронное поведение, при котором обработка

данных осуществляется в фоновом режиме, то есть Web-страницы не обновляются после отправки данных с формы на сервер. С помощью фреймворка Bootstrap4 и медиа-запросов Web-ресурс был адаптирован под мобильные устройства.

Информативность, динамичность, интерактивность и адаптивность под любые устройства – это те главные аспекты, которые учитывались при разработке Web-ресурса для комплекса плавательных бассейнов «Осьминожка».

1. Ташков, П. А. Веб-мастеринг на 100 %: HTML, CSS, JavaScript, PHP, CMS, AJAX, раскрутка / П. А. Ташков. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 512 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА НА JAVA

А.Н. Баринов
Научный руководитель ***С.Ю. Ржеуцкая****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В современном мире технологии развиваются очень быстро. Какие-то из них устаревают, другие только начинают развиваться. Многие образовательные учреждения не успевают следить за этими изменениями и своевременно обновлять свои методические материалы. Как результат, выпускникам, которые устраиваются на работу в ИТ-предприятия, приходится осваивать новые программы и языки программирования по ходу дела. В Вологде многие из предприятий для написания своих проектов используют язык программирования Java, с которым студентов на данный момент знакомят очень поверхностно. Поэтому обучение языку Java и его возможностям для работы с данными является актуальной темой.

Исходя из актуальности задачи активного вовлечения программирования на Java в процесс обучения студентов ИТ-направлений, было принято решение о модернизации лабораторного практикума по дисциплине «Базы данных». В процессе модернизации необходимо было обеспечить возможность выполнения лабораторных работ как в компьютерных классах университета, так и в дистанционном формате.

В лабораторном практикуме по дисциплине «Базы данных» последовательно выполняются все основные этапы разработки учебной информационной системы клиент-серверной архитектуры. Роль серверной СУБД выполняет Oracle Database – это надёжная промышленная СУБД, которую используют крупные предприятия. Эту часть лабораторного практикума было решено оставить без изменения.

Клиентская часть информационной системы в настоящее время разрабатывается в среде Microsoft Visual Studio на языке C#. Это хорошие инструментальные средства, но они уже достаточно изучены студентами в предшествующих дисциплинах, в частности в курсе программирования. Поэтому в данном исследовании была поставлена задача проработки нескольких фундаментальных аспектов перевода лабораторных работ по разработке клиентской части учебной системы на язык программирования Java. В качестве основных проблемам, которые требовалось решить, были выделены следующие:

- выбор среды программирования;
- выбор наиболее востребованных фреймворков, которые полезно изучить студентам;
- выбор способа соединения клиентских приложений с базой данных Oracle и реализация всей необходимой последовательности действий, включая написание программного кода;
- реализация пользовательского интерфейса, которая также включает в себя выбор одного из нескольких возможных способов.

Далее будут представлены результаты, полученные в процессе решения указанных проблем.

В качестве среды для разработки клиентских приложений была выбрана Intellij IDEA, которая изначально была создана для программирования на языке Java, но поддерживает и другие языки, в том числе JavaScript, Kotlin, SQL и его диалекты. Данное средство для разработки активно развивается и включает в себя инструменты для работы с базами данных и различными фреймворками, в том числе с очень популярными в промышленности Spring, Hibernate, Maven. IDEA – это интеллектуальная среда разработки, она предлагает варианты автоматического дополнения кода, показывает ошибки и потенциальные проблемы в коже, демонстрирует варианты их исправления. Изучение данной IDE поможет упростить и ускорить написание кода в дальнейшем. Высокую роль, помимо популярности и удобства, сыграло наличие бесплатной версии Community Edition, в которой вырезана поддержка промышленных фреймворков. Ultimate версия является платной, но Intellij предоставляют её бесплатно студентам и преподавателям.

Для разработки было необходимо запустить базу данных локально или на удалённом сервере. Установка и запуск БД Oracle – процесс не самый лёгкий, поэтому было принято решение взять docker-контейнер с репозиториев Oracle. После этого установка сводится к заполнению файла с конфигурацией и запуску контейнера. Docker использует возможности ядра Linux для запуска приложений, но запуск на Windows тоже возможен через специальную версию docker for windows.

Все выбранные фреймворки сведены в таблицу. Основные критерии выбора фреймворков – бесплатность, популярность, простота использования и возможность применения в реальных промышленных проектах.

Таблица

Используемые фреймворки

Название фреймворка	Описание
Maven	Фреймворк для автоматизации сборки проектов. Используется для автоматического скачивания зависимостей и плагинов, применяемых для разработки. Настройка производится путём заполнения файла pom.xml в корне проекта.
Spring JDBC	Модуль из фреймворка Spring. Даёт удобный интерфейс для взаимодействия с базой данных. Для работы необходим драйвер.
JavaFX	Платформа для создания приложений с графическим интерфейсом. Входила в стандартную поставку Java 8, для следующих версий необходимо использовать внешнюю реализацию openjfx. Позволяет проектировать интерфейс через код в Java, через описание в fxml формате, через специальную программу Scene Builder.

Упрощённая схема для работы с фреймворком Spring JDBC представлена на рисунке. Создаётся объект с параметрами для соединения, содержащий в себе jdbc-url, содержание которого зависит от драйвера, логин и пароль. С этими параметрами создаётся объект jdbcTemplate, который представляет из себя API для работы с БД. Этот объект можно использовать в любом месте программы, не заботясь о потокобезопасности и управлении соединениями.

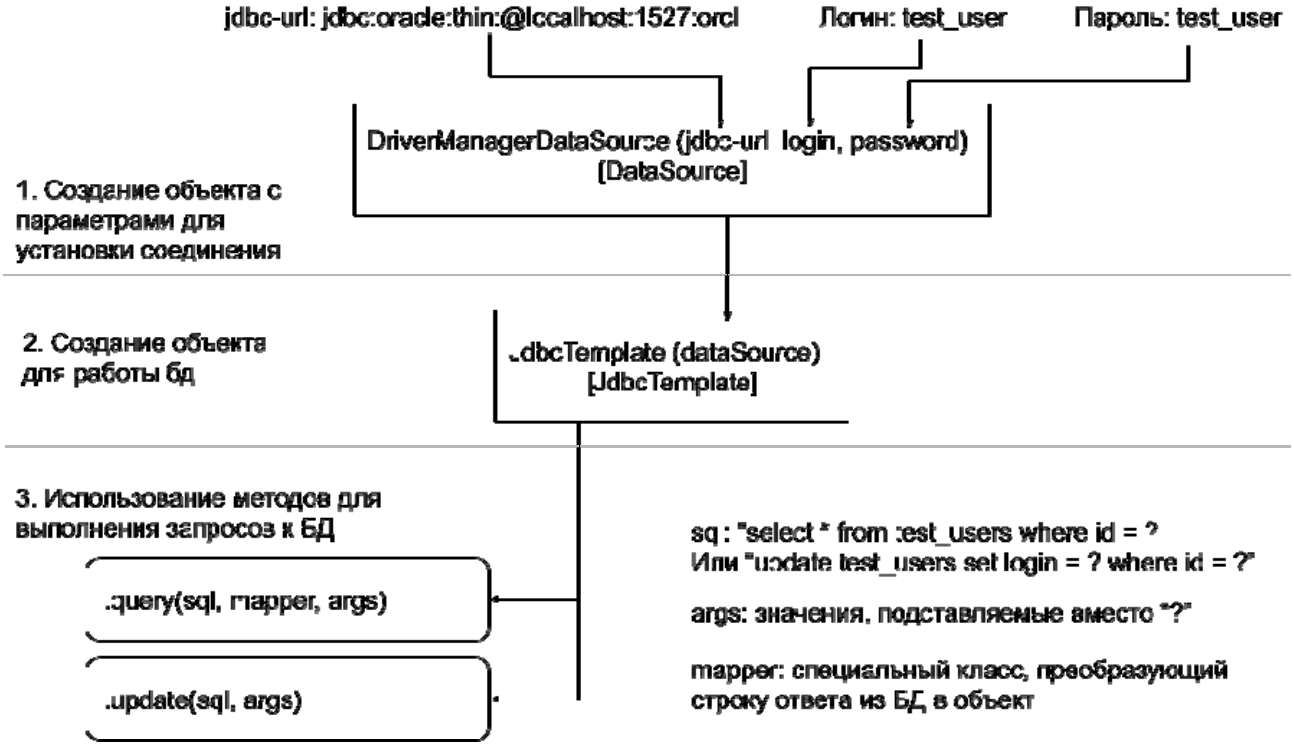


Рис. Схема работы с фреймворком Spring JDBC

Для более простого и быстрого создания интерфейса в JavaFX был применён Scene Builder. Процесс проектирования интерфейса заключается в перетаскивании элементов (кнопки, поля для ввода текста, таблицы) на рабочее поле. Результат работы Scene Builder сохраняется в fxml файл.

В данной реализации программы использовалась лишь малая часть элементов:

- AnchorPane – корневое окно;
- TableView – таблица с данными;
- TableColumn – столбцы внутри TableView;
- Button – кнопка;
- TextField – поле для ввода текста.

Каждому из элементов задаётся уникальный идентификатор, через который можно напрямую получить доступ к элементу, его свойствам, наполнению и к его событиям. В корневом элементе указывается полное название контроллера – класса, который обрабатывает события от элементов. В самом контроллере создаются поля, соответствующие по типу названиям элементов, а по имени – уникальному идентификатору. Сами поля сверху помечаются аннотацией @FXML. В контроллере объявляются методы-обработчики, реализующие поведение элементов при определённом событии. Названия методов задаются в Scene Builder в свойствах элементов. Среда разработки может выдавать ошибку из-за отсутствия аргументов, передаваемых в метод. Для исправления можно воспользоваться возможностями генерации кода, нажав Alt+Enter.

Для запуска JavaFx программы без написания множества параметров для компилятора может потребоваться плагин javafx-maven-plugin, в конфигурации которого нужно лишь указать на главный класс программы. После подключения плагина в IDEA в разделе плагина maven появится для запуска цель “javafx:run”, выполнив которую, можно будет увидеть результат работы. Такой способ будет работать в любой поддерживаемой версии Java.

Для более удобного запуска можно воспользоваться нововведением Java 9 – модулями. Для этого необходимо заполнить файл module-info.java, в котором указываются требуемые модули через директиву requires и пакет с кодом программы через директиву opens. После этого программу можно будет запустить, нажав кнопку “Run” рядом с определением главного класса программы.

На основе представленной выше конфигурации будет разрабатываться программное обеспечение для лабораторного практикума по дисциплине «Базы данных». Знакомство с Maven и Spring Data поможет рассмотреть инструменты, которые действительно широко используются при разработке промышленного программного обеспечения.

1. Understanding Java 9 Modules. – URL**:** https://www.oracle.com/corporate/features/understanding-java-9-modules.html (дата обращения: 18.12.2020). – Текст : электронный.

2. Spring Data JDBC – Reference Documentation. – URL : https://docs.spring.io/spring-data/jdbc/docs/2.0.4.RELEASE/reference/html/#jdbc.repositories (дата обращения: 18.12.2020). – Текст : электронный.

3. JavaFX 14 – Documentation. – URL : https://openjfx.io/javadoc/14/ (дата обращения: 18.12.2020). – Текст : электронный.

4. Intellij IDEA – IDE, которая понимает код. – URL : https://blog.jetbrains.com/ru/team/2013/02/28/nikolaj-chashnikov-intellij-idea-ide-kotoraya-ponimaet-kod/ (дата обращения: 18.12.2020). – Текст : электронный.

5. Maven – Introduction. – URL : https://maven.apache.org/what-is-maven.html (дата обращения: 18.12.2020). – Текст : электронный.

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.С. Басов

Научный руководитель ***А.Н. Сорокин****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Сфера информационных технологий к 2020 году равномерно проникла во все области нашей жизни. Большинство людей так или иначе оперируют различными данными с помощью приложений. В таких условиях ключевое значение стала играть визуализация действий, которые совершает пользователь, потому как по результатам научных исследований установлено, что от 60 до 90 % информации человек получает именно с помощью органов зрения [1].

Из всей массы программного обеспечения, использующего графический интерфейс, стоит выделить приложения для моделирования процессов, с помощью которых необходимо то или иное изменение состояния исследуемого явления отобразить в трёхмерном пространстве. Здесь перед разработчиками ПО возникает проблема выбора средств и методов разработки программ, использующих в своей основе 3D-графику.

В данных тезисах будут названы основные способы разработки программного обеспечения, использующего 3D-визуализацию, обозначены наиболее распространённые программные интерфейсы (API), а также выполнено их сравнение. Главная цель исследования – определить значимые моменты при реализации приложений для формирования трёхмерного изображения, а также сформировать критерии, ориентируясь на которые программист сможет сделать корректный выбор в пользу того или иного API. Результаты научной

работы могут стать теоретической опорой для реализации различных проектов, в том числе диссертации магистра по теме «Разработка программного обеспечения по моделированию процессов распространения огня внутри помещения».

На сегодняшний день самыми распространёнными видами ПО для моделирования каких-либо процессов остаются клиентские приложения для ПК, а также программы, использующие в своей основе web-архитектуру. Исходя из этой классификации мы можем назвать несколько программных интерфейсов для создания 2D и 3D графических объектов. Для того чтобы дать наиболее адекватную оценку, в рамках данной статьи подробно будут рассмотрены такие API, как: OpenGL, Vulkan, DirectX, Metal для клиентских приложений и WebGL для web-проектов.

Open Graphics Library – независящий от языка и платформы программный интерфейс, использующийся для рендера компьютерной графики [2]. OpenGL представляет собой некоторую спецификацию, принятую за стандарт, которая декларирует набор функций и определяет их поведение. Этот «документ» выступает в роли теоретической базы, которая служит для реализации на её основе библиотек. Дополнять функционал OpenGL могут как разработчики программного обеспечения, так и производители оборудования. На основе этого подхода данный программный интерфейс непрерывно дополняется новым функционалом.

Основные принципы OpenGL следующие:

1. Замаскировать сложности оптимизации 3D-ускорителей и реализовать единый API.
2. Держать в тайне от разработчика различия аппаратных платформ и осуществлять недостающий функционал за счёт программной эмуляции.

В наши дни «последней версией» OpenGL принято считать его идейного продолжателя – Vulkan [3]. Данный программный интерфейс для разработки интерактивных приложений, игр и приложений, решающих другие задачи, связанные с графикой, получил большое количество доработок и изменений, при этом сохранив такое качество как независимость от платформы (кроссплатформенность).

Основным преимуществом (по сравнению с OpenGL и другими программными интерфейсами, такими как Direct3D) и самым главным новшеством, которое привнесло появление API Vulkan в разработку приложений, использующих графический процессор, стало повышение производительности исполняемых программ за счёт более сбалансированного распределения вычислений между центральным процессором и видеокартой. Это стало возможным благодаря грамотному распараллеливанию выполняемых задач между многоядерными и многопоточными CPU и производительными GPU. При этом определять то, как будут использоваться ресурсы устройства, на котором выполняется приложение, должен разработчик программного обеспечения.

Как и его предшественник (OpenGL), API Vulkan является открытым стандартом, разработкой и дополнением которого может заниматься любой желающий этого программист. Самые востребованные нововведения фиксируются специальным комитетом Architecture Review Board и утверждаются в новую версию API.

Web Graphics Library – программный интерфейс, необходимый для рендера 2D- и 3D-графики, использующий язык JavaScript [4]. Он полностью совместим с браузерами Firefox 4+, Google Chrome 9+, Opera 12+, Safari 5.1+, Internet Explorer 11+. Также данный API не требует установки дополнительных плагинов, но для корректной работы необходима его поддержка GPU.

WebGL генерирует физические процессы и графические объекты в теге «canvas» языка HTML, используя GPU-ускорение. Основой для WebGL является ядро OpenGL ES 2.0, при этом шейдеры выражаются непосредственно в GLSL, а затем передаются в виде текстовых строк в API WebGL, который уже компилирует их в код графического процессора [4].

Преимуществами данного подхода являются:

1. Возможность распределить код приложения между клиентом и сервером, за счёт чего удаётся снизить нагрузку на клиенте.

2. Возможность запускать приложение на любом устройстве, отвечающем требованиям WebGL API и подключённого к Интернет.

Благодаря тому, что WebGL базируется на API OpenGL, его можно применять также и в мобильной разработке.

Microsoft DirectX – это коллекция программных интерфейсов для разработки различных мультимедиа приложений, использующих 2D- и 3D-рендер, а также игр для платформ Windows и Xbox. В набор доступных API входят: Direct3D, DirectDraw, DirectPlay и другие [5].

API DirectX поставляется в виде программного пакета разработки (SDK), в который входят библиотеки соответствующих сред выполнения. Каждая библиотека имеет в пределах конкретной версии программного интерфейса определённое статическое состояние, потому как разрабатывает и вносит изменения в текущий стандарт DirectX компания Microsoft. Сторонние разработчики в праве использовать только тот инструментарий, который доступен «из коробки». Причем стоит отметить ещё раз, что приложения, реализуемые на базе этого API, будут доступны только на устройствах, работающих под управлением операционных систем семейства Windows или ОС игровых приставок Xbox.

Ещё одним вариантом программного интерфейса, который можно использовать в разработке приложений для визуализации 2D и 3D графических объектов, является Metal. Данный API разрабатывается компанией Apple Inc. Вычислительные функции, входящие в его состав можно охарактеризовать как программный интерфейс, близкий к симбиозу OpenGL и OpenCL (Open Computing Language – фреймворк для реализации программного обеспечения

под различные платформы, соответствующие определённому стандарту конфигурации).

Основной отличительной чертой в работе API Metal можно назвать стремление к сокращению издержек при работе с графической подсистемой устройства [6]. Для этого применяется следующий подход: команды кодируются, затем отправляются в графический процессор, где они исполняются асинхронно. Таким образом, контроль над завершением выполнения команд осуществляется самим приложением, которое может или кодировать команды, пока GPU занимается выполнением текущих задач, или в целях снижения энергопотребления системы ожидать непосредственного завершения обработки текущих инструкций. Это позволяет разработчикам программного обеспечения настроить процесс исполнения команд, который будет оптимален и, как результат, повысит пропускную способность.

Программный интерфейс Metal является проприетарной собственностью Apple Inc. Это значит, что также, как и в случае с DirectX, его разработка, дополнение и изменение являются закрытыми для сообщества разработчиков. Все эти процессы жёстко регламентируются и стандартизируются компанией, которой принадлежат соответствующие права на выпуск новых версий стандарта.

Краткие результаты сравнения вышеперечисленных графических API представлены в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика графических API

Критерий	OpenGL	Vulcan	WebGL	DirectX	Metal
Тип приложения	Клиентское (преимущ.)	Клиентское (преимущ.)	Web	Клиентское	Клиентское
Платформа	Кросс	Кросс	Кросс	Windows/Xbox	iOS, MacOS, iPadOS, tvOS
Открытость ко внесению изменений	Да	Да	Да	Нет (Microsoft)	Нет (Apple)

Таким образом, по результатам исследования были названы основные способы разработки программного обеспечения, использующего 3D-визуализацию, обозначены наиболее распространённые графические программные интерфейсы, произведено сравнение рассмотренных API, а также сформирована таблица критериев, которая может упростить разработчику процесс выбора того или иного программного интерфейса.

1. Брагина, Н. Н. Функциональные асимметрии человека / Брагина, Н. Н., Доброхотова, Т. А. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Медицина,1988. – 240 с.

2. Segal, M. The OpenGL Graphics System: A Specification –Version 4.0 (Core Profile) / Segal M., Akeley K. – March 11, 2010. – 489 p.

3. Lapinski, P. Vulkan Cookbook – Packt Publishing / Lapinski P. – April 2017. – 692 p.

4. Matsuda K., Lea R. WebGL Programming Guide: Interactive 3D Graphics Programming with WebGL – Copyright © Pearson Education, Inc., 2013. – 544 p.

5. Luna F. Introduction to 3D game programming with Directx® 11 – Copyright © Mercury learning and information llc, 2012. – 754 p.

6. Begbie C., Horga M. Metal by Tutorials – Copyright © Razeware LLC., 2019. – 722 p.

ИГРОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ»

А.А. Березина
Научный руководитель ***А.Н. Швецов****, д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

За последний год мировое сообщество столкнулось с огромной проблемой, связанной с неожиданной вспышкой новой коронавирусной инфекции COVID-19. Это повлекло за собой ряд нововведений, оказывающих влияние на все сферы общества, включая и образовательный процесс. В первую очередь это невозможность продолжения учебных занятий в очном формате обучения. Для соблюдения этого нового требования организации образовательного процесса были реализованы различные электронные ресурсы. К ним был предъявлен ряд требований, таких как мобильность, доступность образовательного контента, а также возможность удаленной работы с электронными данными.

Проведенный анализ существующих электронных средств обучения показал возможность разделения их на две обширные категории. Первая категория содержит средства, предназначенные для учебных заведений всех уровней образования (Moodle, Docebo LMS, Talent LMS, «Интернист», «Открытое образование»), а вторая категория предназначена для самостоятельного обучения пользователя тем или иным навыкам («Lingualeo», «BrainApps», «Chess») [1].

Вышеупомянутые средства электронного обучения имеют свои недостатки. Главным из них является невозможность работы без подключения к сети Интернет, что является важным фактором в регионах, где нет стабильного Интернет-соединения. Существует еще один недостаток, такой как отсутствие игрового формата обучения, что позволяет увеличить вовлеченность студента в образовательный процесс. Для устранения выявленных недостатков была

произведена разработка обучающего игрового приложения по дисциплине «Представление знаний в информационных системах», изучаемой в учебном процессе по направлению подготовки бакалавриата 09.03.02 Информационные системы и технологии.

Дисциплина «Представление знаний в информационных системах» формирует у обучающихся по направлению подготовки бакалавриата 09.03.02 Информационные системы и технологии базовые представления о формально-математических моделях знаний, методах и способах их представления и реализации в интеллектуальных информационных системах. Приложение позволит студентам освоить материал курса «Представление знаний в информационных системах». Посредством промежуточного контроля, такого как тестовые задания по каждой теме, существует возможность проверить уровень владения учебным материалом с последующим выставлением оценки.

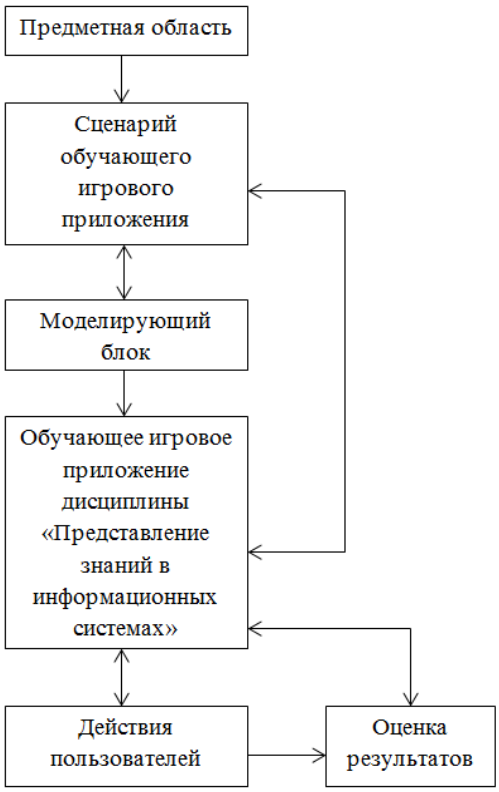


Рис. Структурная схема игрового обучающего приложения дисциплины

Разработана структурная схема игрового обучающего приложения дисциплины «Представление знаний в информационных системах», которая представлена на рисунке.

Блок «Предметная область» включает в себя информацию касательно изучаемой дисциплины «Представление знаний в информационных системах». Блок «Сценарий обучающего игрового приложения» содержит данные относительно сюжетного наполнения обучающего приложения. «Моделирующий блок» отвечает за связь между отдельными программными средствами. Блок «Обучающее игровое приложение дисциплины "Представление знаний в информационных системах"» состоит из самого приложения, которое выполняет процесс обучения пользователей. Блок «Действия пользователей» состоит из всех действий, находящихся в распоряжении пользователя, разработанной программы, а именно изучение учебного материала в различных модулях и выполнения тестовых заданий обучающимся. Блок «Оценка результатов» работает на основе оценок обучающегося, полученных в ходе выполнения тестовых заданий.

Проанализировав существующие языки программирования и среды проектирования, была получена таблица 1, в которой наглядно отражены критерии, по которым проводился сравнительный анализ.

Таблица 1

Сравнительная характеристика языков программирования

Характеристика	Python	Turbo Delphi	C++ Builder	Java
Простота изучения	–	+	–	–
Простой синтаксис	–	+	–	–
Высокая скорость компиляции	+	+	+	+
Вывод подсказок	–	+	+	–
Высокая скорость выполнения программ	–	+	–	–
Необходимость в дополнительном подключении библиотек	+	–	–	+

В качестве языка программирования было принято решение остановиться на Turbo Delphi. Этот язык программирования обладает рядом преимуществ, а именно простота изучения, простой синтаксис, высокая скорость компиляции, вывод подсказок, высокая скорость выполнения программ и отсутствие необходимости в дополнительном подключении большого числа библиотек.

Для проверки образовательных возможностей разработанного приложения были привлечены сторонние пользователи, являющиеся студентами других вузов и направлений. Список студентов, принимающих участие в проведенном исследовании и тестировании обучающего приложения, представлен в таблице 2.

Таблица 2

Список студентов

№	ФИО	Специальность	Высшее учебное заведение
1	2	3	4
1	Абазов В.В.	«Управление в технических системах»	Ярославский государственный технический университет
2	Балкина И.А.	«Прикладная математика»	Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
3	Воробьева Л.А.	«Фармация и фармакология»	Ташкентский фармацевтический институт
4	Паруткина А.А.	«Фармация и фармакология»	Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
5	Паруткина К.А.	«Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»	Московский авиационный институт
6	Степанов С.С.	«Физическая культура»	Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта
7	Шеремет А.А.	«Политология»	Московский государственный университет

В таблице 3 представлены результаты проверки знаний, полученных у студентов при работе с игровым обучающим приложением.

Таблица 3

Результаты тестирования студентов

Модули	Результаты тестирования						
	Абазов В.В.	Балкина И.А.	Воробьева Л.А.	Паруткина А.А.	Паруткина К.А.	Степанов С.С.	Шеремет А.А.
1	5/5	5/5	5/5	4/5	3/5	2/5	4/5
2	5/5	5/5	5/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3	5/5	5/5	5/5	4/5	3/5	3/5	4/5
4	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	3/5	3/5
5	5/5	5/5	5/5	3/5	4/5	4/5	4/5
6	5/5	5/5	5/5	4/5	4/5	3/5	3/5
7	5/5	5/5	5/5	5/5	3/5	3/5	2/5
8	5/5	5/5	5/5	3/5	4/5	4/5	3/5
9	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	3/5	4/5
% правильного выполнения	100 %	100 %	100 %	82,22 %	77,78 %	64,44 %	68,89 %

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод о том, что наиболее высокими результатами обладают студенты специальностей «Прикладная математика», «Фармация и фармакология», «Управление в технических системах» и «Биология», а наиболее низкими – студенты, обучающиеся по специальностям «Физическая культура» и «Политология»

На результаты исследования могли повлиять такие факторы, как низкая мотивация некоторых респондентов и влияние случайных оценок.

Некоторые участники исследования отмечали, что работать с приложением просто на всех этапах взаимодействия.

1**.** Швецов, А. Н. Автоматизация построения компьютерных тестов контроля знаний / А. Н. Швецов, А. П. Сергушичева. – Текст : электронный // Вестник Вологодского государственного университета. – 2018. – № 2 (2). – С. 48–52. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36979394. Дата публикации: 01.01.2018. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КСВ-МЕТРА НА ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ СИГНАЛ ПЛАТФОРМЕ

Е.О. Биловол, Д.В. Шевелев
ООО «Креа-Тэч»
г. Вологда

Для реализации поставленной задачи по созданию портативного устройства обнаружения скрытых веществ [1] необходимо заменить панорамный измеритель более простым устройством с определением параметра коэффициента стоячей волны КСВ. В этой роли может выступить обрабатывающая сигнал платформа с микроконтроллером. Коэффициент стоячей волны (КСВ) – отношение максимального значения напряжения U_{max} к минимальному значению напряжения U_{min} в линии передачи:

$$\text{КСВ} = \frac{U_{max}}{U_{min}}.$$

КСВ-метр – это устройство для измерения КСВ, КО (коэффициента отражения). Для его работы необходим сам излучатель, который спроектирован для данного проекта. Схема работы представлена на рисунке 1.

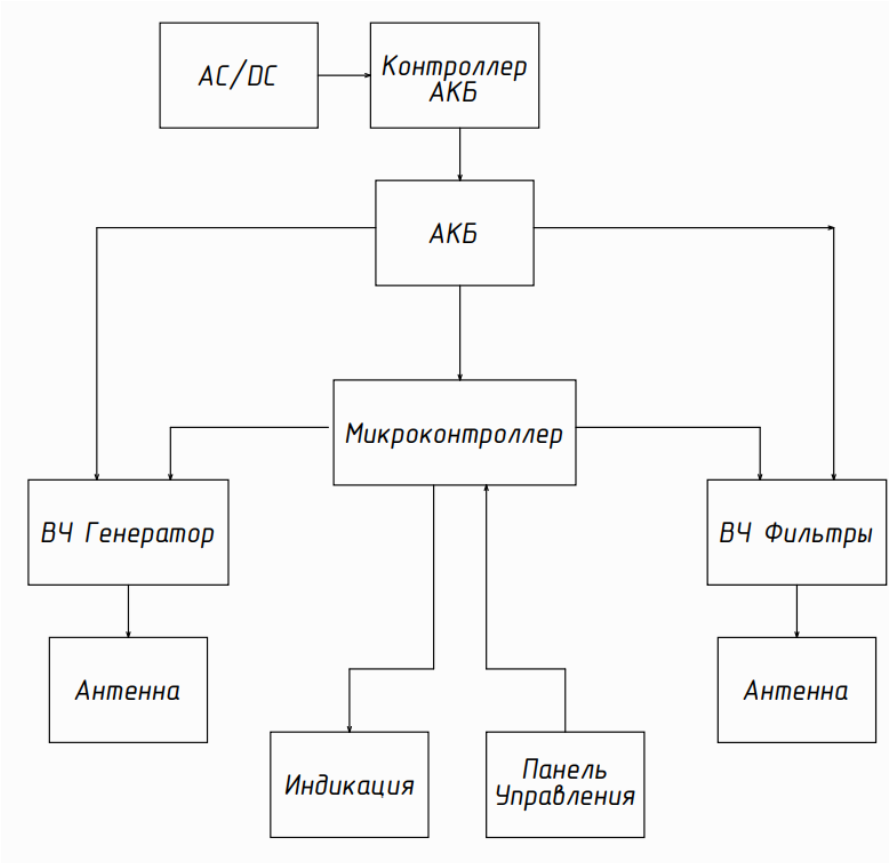


Рис. 1. Схема работы проектируемого КСВ-метра

Коэффициент отражения также выражается через входное сопротивление антенны:

$$\Gamma = \frac{Z_{\text{вх}} - Z_B}{Z_{\text{вх}} + Z_B},$$

где $Z_{\text{В}}$ – волновое сопротивление линии передачи, подключенной ко входу антенны. Коэффициент стоячей волны (КСВ) связан с коэффициентом отражения:

$$\text{КСВ} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}.$$

В роли антенны выступает рупорный излучатель, имеющийся в лаборатории электродинамики и СВЧ ВоГУ, который в будущем заменяется на разработанную антенну – печатную логопериодическую антенну (рис. 2).

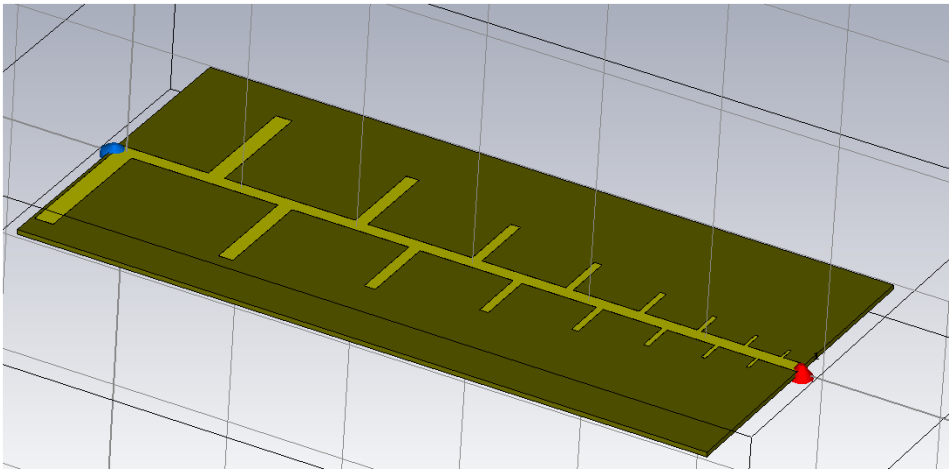


Рис. 2. Печатная логопериодическая антенна на СВЧ подложке

Поскольку заявленное устройство должно работать в диапазоне 1–5 ГГц, необходимы высокочастотные фильтры и генератор. Для выполнения запатентованного алгоритма обнаружения скрытых объектов [2] необходим микроконтроллер и дисплей с звуковым оповещением.

Известны различные установки для измерения КСВ антенны, например измерительная линия Р1-17. Она предназначена для измерения продольного распределения напряженности электрического поля в диапазоне частот 0,5–3 ГГц. Детектор работает в режиме квадратичного детектирования, поэтому показания индикатора пропорционально квадрату амплитуды напряжения в линии: $\alpha \sim |U|^2$.

Р2М-04 (рис. 3) используется для измерения модуля коэффициента передачи, модуля коэффициента отражения, коэффициента стоячей волны по напряжению. Работа прибора заключается в выделении высокочастотных электромагнитных волн и преобразовании их в низкочастотные напряжения, про-

порциональные мощности этих волн. Для этого используются детекторные головки и датчики коэффициента стоячей волны.

Рис. 3. Измеритель модуля коэффициента передачи и отражения Р2М–04

Информационный обмен между прибором Р2М-04 и компьютерной станцией осуществляется по интерфейсу Ethernet. Это ставит ряд ограничений на портативность устройства, в силу чего необходимо использовать собственную микроконтроллерную платформу с возможностью программирования и подключения высокочастотных сигналов.

1. Яцкевич, В. А. Простой способ обнаружения неметаллических предметов, скрытых под одеждой людей / В. А. Яцкевич, Е. О. Биловол // Антенны. – 2017. – № 7 (239). – С. 28–32.

2. Патент 173012 Российская Федерация, МПК G01V 3/12, Устройство для обнаружения неметаллических предметов, скрытых под одеждой людей / Яцкевич В. А., Биловол Е. О.; заявитель и патентообладатель Вологодский государственный университет. – № 2017115419; заявл. 02.05.2017; опубл. 04.08.2017, Бюл. № 22.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ ЗАКУПОК

Д.И. Богданов
Научный руководитель ***А.А. Суконщиков****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Череповецкая компания ООО «Синапс» занимается поиском и анализом тендеров. Размещение тендеров происходит на агрегаторе-сервисе автоматизированного поиска synapsenet.ru. Также на сайте распространяются данные о победителях прошедших тендеров.

Тендер – термин, который довольно часто используется в сфере закупок и бизнес-кругах. Однако его официального определения в российском законодательстве нет.

Обычно под тендером подразумеваются конкурсные торги: все возможные виды процедур, которые проводятся с целью закупки различных товаров, работ или определенного рода услуг.

Заказчиком при этом выступает компания, которая осуществляет закупку. Участниками становятся индивидуальные предприниматели или юридические лица различной организационной формы.

По результатам тендера заключается контракт с организацией, которая сделала самое выгодное для организатора предложение (по разным параметрам, в зависимости от вида торговой процедуры).

Синапс – это сервис по поиску и аналитике государственных и коммерческих тендеров по всей России.

Что Вы найдете на сайте synapsenet.ru:

- бесплатный поисковик тендеров по всей России;
- возможность сэкономить время на поиске и оформить Рассылку тендеров;
- всех победителей тендеров по России;
- проверку контрагентов;
- бесплатные консультации и помощь в настройке.

Хорошим дополнением к поиску и анализу тендеров будет служить система для прогнозирования победителей закупок (тендеров). Очень хорошей система прогнозирования победителей получится, если создавать её на основе нейронной сети. Учитывая, что ООО «Синапс» располагает данными о победителях уже прошедших тендеров, на основе этих данных можно произвести обучение нейросети.

Основными показателями возможностей победы будут такие параметры, как, например, цена – если это запрос котировок либо аукцион, то лучше заранее определить предел, до которого вы готовы «снижать планку».

А вот в запросе предложений, как и в конкурсе, вполне может победить участник, предложивший лучшие условия (даже если его расценки выше).

Например, для заказчика, который хочет выпустить корпоративные открытки, поставщиком может стать дизайнерское бюро, предоставившее самый привлекательный макет.

Также нельзя отвергать репутацию и опытность в тендерах участников тендера. Это также обязательно к учёту в подготовке прогнозирующей системы.

Но на систему не всегда можно будет надеяться на 100 %, так как существует вероятность симпатий со стороны заказчика к определённому участнику тендера. Поэтому у системы существует вероятность погрешности, которую пока без готовой обученной нейросети нельзя предсказать.

С технической части приложение для работы с нейросетью будет создаваться на языке программирования C++, C# или Python. Выбор этих языков обусловлен тем, что у них, за исключением Python, высокая эффективность, быстрота исполнения и есть хорошая база библиотек для работы с нейросетями, для обучения и создания приложений, работающих на основе обученных нейросетей, а также данными в режиме реального времени. Python будет использоваться в основном при обучении на Google Collab, в сервисе, где можно дистанционно работать с высокопроизводительными тензорными видеокартами в течение 12 часов.

Хотелось бы подвести итоги, отметив положительные и отрицательные стороны подобной системы:

+ малая погрешность прогнозирования;
+ высокая эффективность, при наличии широкой базы данных;
+ работа в режиме реального времени;
+ дешевизна обучения;
– наличие погрешности.

1. Как повысить шансы на победу в тендере? – URL: https://www.profiz.ru/se/6_2020/pobedit_v_tendere/ (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

2. Синапс. – URL: https://synapsenet.ru/ (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

3. Что такое тендер и как участвовать в нём? – URL: https://market.ndb24.ru/blog/chto-takoe-tender (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

4. Как выиграть тендер. – URL: https://envybox.io/blog/kak-vyjgrat-tender/ (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

5. Тендерные продажи. Первая книга о тендерах на человеческом языке. – URL: https://avidreaders.ru/book/tendernye-prodazhi-pervaya-kniga-o-tenderah.html (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕТСКОГО САДА

А.В. Викторова
Научный руководитель ***Г.А. Сазонова****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

На данный момент в детских садах многие формы документов и отчетов все еще ведутся вручную. Проектирование информационного обеспечения позволит автоматизировать бизнес-процессы детского сада, благодаря чему уменьшится нагрузка работников детских садов по заполнению документов и по расчету различных показателей на основе одних и тех же данных.

В результате проведения обзора существующих программных средств для детских садов было выявлено, что они не автоматизируют работу с внутренней документацией.

Целью работы является разработка информационной системы, с помощью которой будет автоматизирована деятельность детского сада.

В результате анализа предметной области разработана концептуальная модель предметной области (рис. 1).

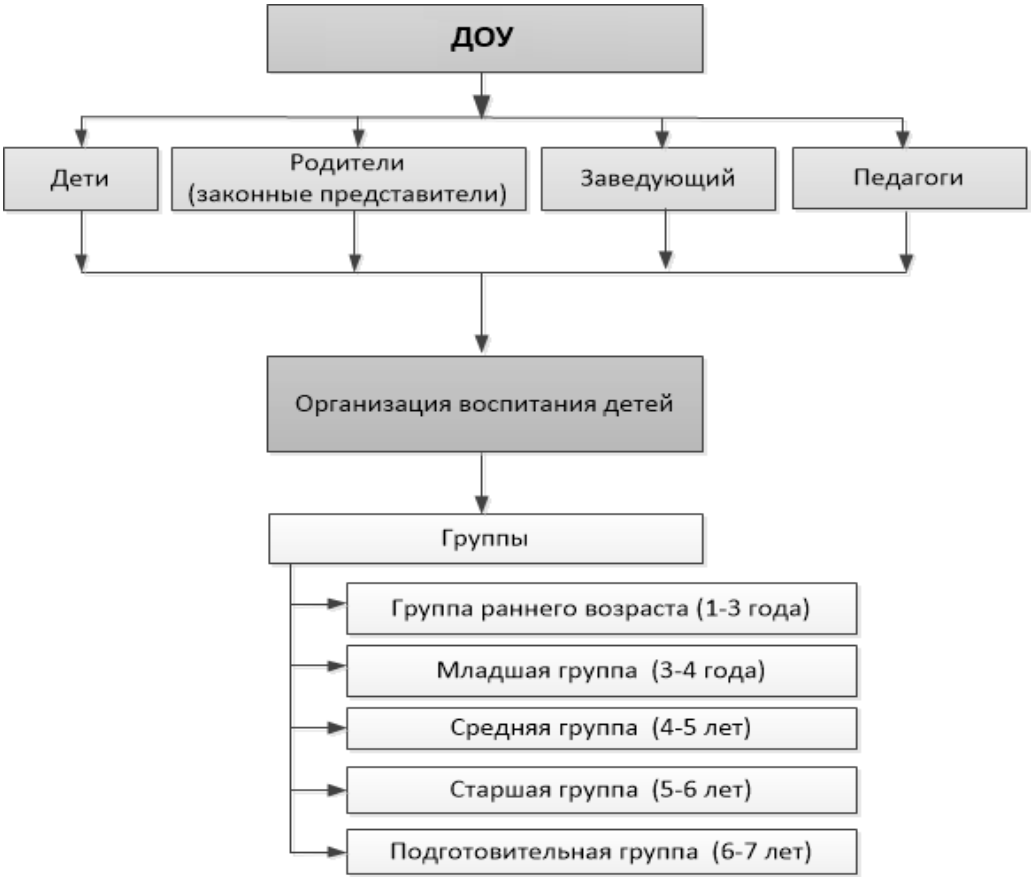


Рис. 1. Концептуальная модель предметной области

Родители обращаются в детский сад для получения муниципальной услуги. Заведующий детским садом регистрирует данные о ребенке и его родителях; ребенка определяют в возрастную группу и он начинает посещать дошкольное образовательное учреждение. Образовательное учреждение отчитывается в своей деятельности в виде различных отчетов перед вышестоящим руководством.

При предпроектном обследовании были выявлены информационные потребности дошкольного образовательного учреждения и составлен перечень входной и выходной документации, оформление которых требует автоматизации [1].

Разработана функциональная структура системы (рис. 2), которая состоит из четырех блоков.

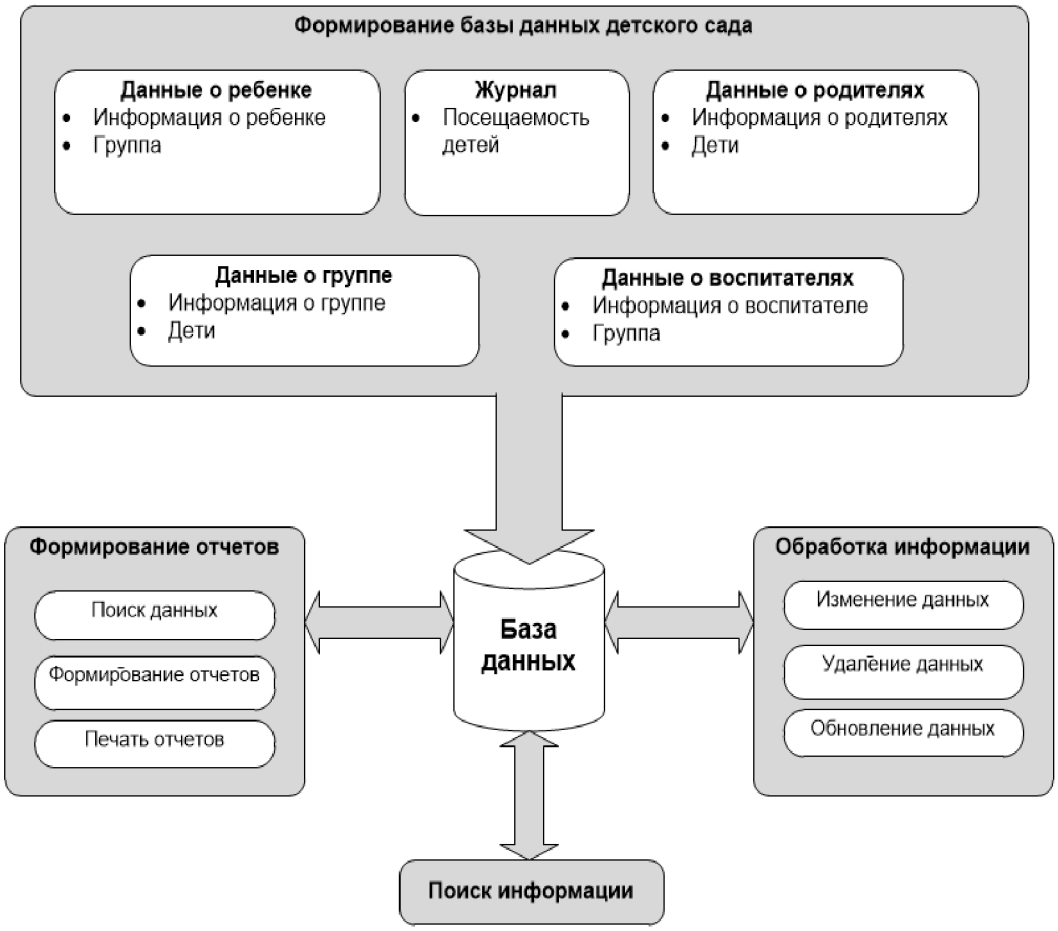


Рис. 2. Функциональная структура системы

Блок формирования базы данных детского сада предназначен для ввода информации о воспитанниках и их посещаемости, о группах, родителях, воспитателях.

Блок формирования отчетов позволяет найти и рассчитать показатели для отчетов, сформировать отчеты и подготовить их для печати.

Блок обработки информации позволяет изменять, удалять и обновлять данные, хранящиеся в системе.

Блок поиска информации предназначен для осуществления поиска данных в системе по заданным параметрам.

Общая структура иерархии классов объектов и их взаимосвязи представлены на диаграмме классов (рис. 3). Диаграмма состоит из пяти классов: Группа, Воспитатель, Родитель, Ребенок, Журнал.

Класс Воспитатель связан отношениями агрегации с классом Группа, так как воспитатель является частью группы.

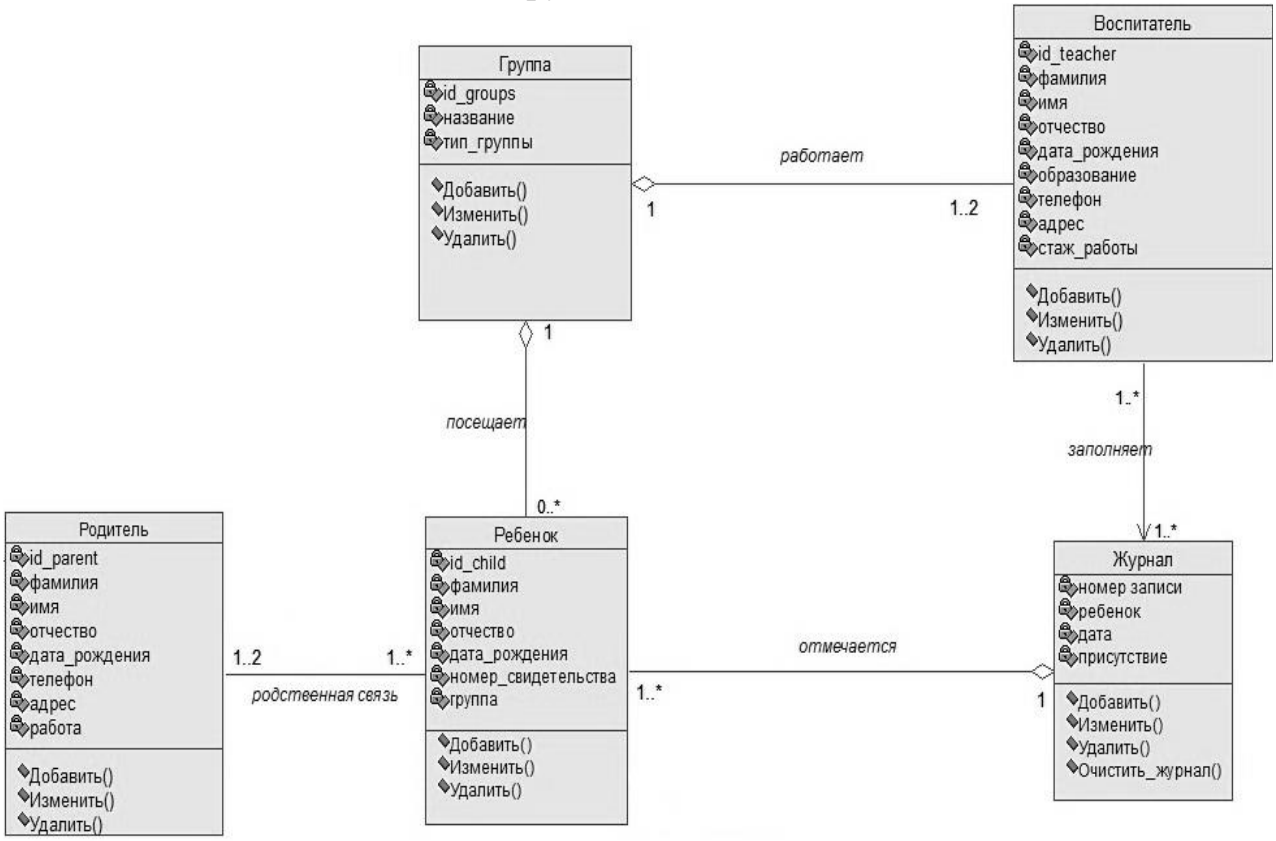


Рис. 3. Диаграмма классов

Класс Ребенок связан отношениями агрегации с классом Группа, так как ребенок является частью группы. В группе может находиться несколько детей или не находиться вовсе, но ребенок может находиться только в одной группе.

Класс Родитель связан отношениями ассоциации с классом Ребенок, так как ребенок является его родственником.

Класс Журнал связан отношениями агрегации с классом Ребенок, так как в журнале может быть несколько записей о ребенке, но ребенок записывается в один журнал.

Взаимодействие между программными составляющими системы описывает диаграмма компонентов (рис. 4).

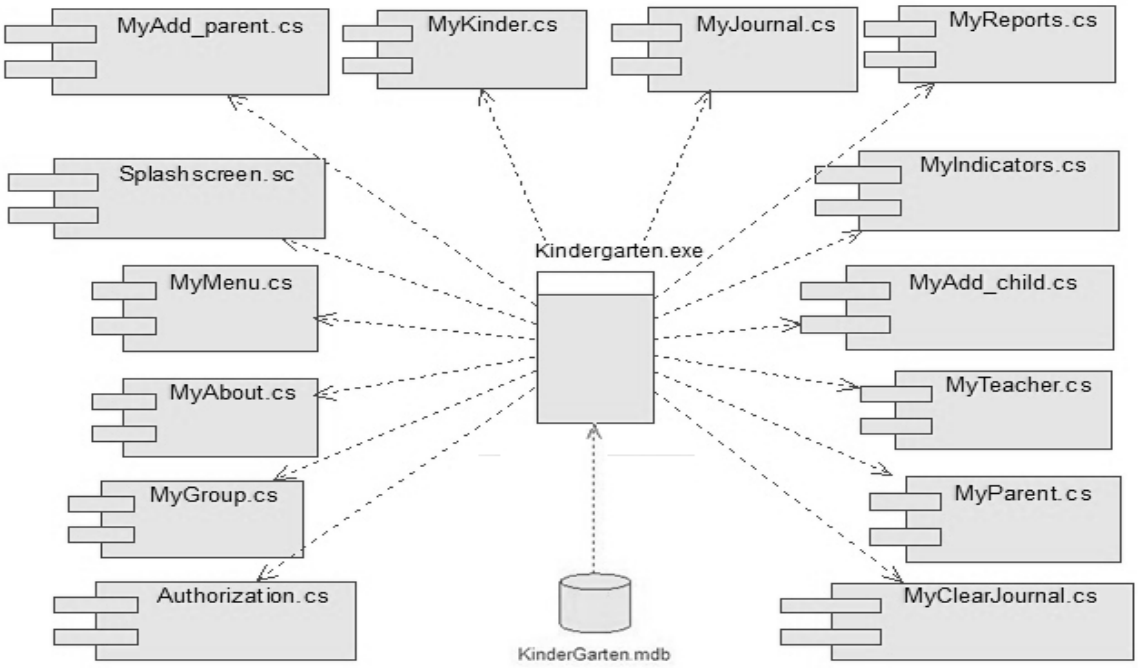


Рис. 4. Диаграмма компонентов

Диаграмма состоит из 16 компонентов, из которых 1 является исполнимым файлом, 1 представлен в форме базы данных, 14 содержат исходный код на языке C#. Программные модули, представленные на диаграмме: Splashscreen.cs, Authorization.cs, MyTeacher.cs, MyGroups.cs, MyKinder.cs, MyAdd_child.cs, MyMenu.cs, MyParent.cs, MyAdd_parent.cs, MyIndicators.cs, MyAbout.cs, MyJournal.cs, MyReports.cs, MyClearJournal.cs.

Состав и процесс по управлению модулями информационной системы изображен на структурной схеме программного обеспечения системы (рис. 5).

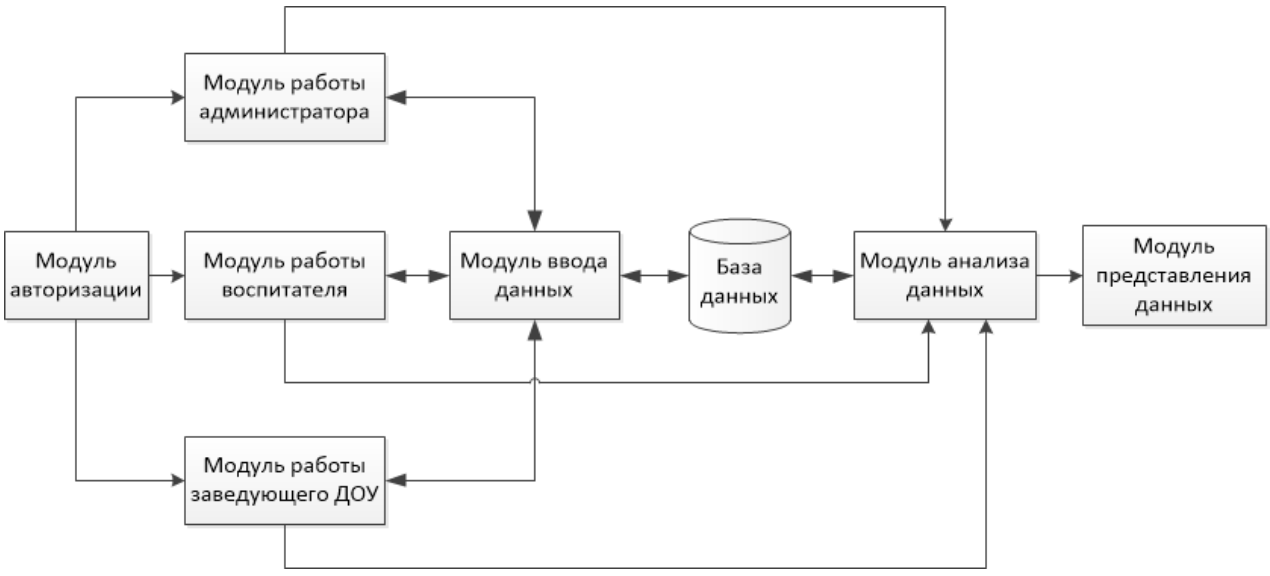


Рис. 5. Структурная схема программного обеспечения системы

Схема состоит из 7 модулей и базы данных.

База данных отвечает за хранение информации в виде таблиц.

С помощью модуля авторизации выполняется разграничение прав доступа пользователей к разным модулям системы. Пользователям, выполнившим вход в систему, разрешено взаимодействие с базой данных.

Пользователи, получившие доступ к модулю работы заведующего детским садом, доступ к модулю работы воспитателя и доступ к модулю работы администратора, имеют разные наборы функций.

Модуль представления данных позволяет формировать отчеты и выводить их на печать. В этом модуле по заданным критериям анализируется информация по воспитателям и по воспитанникам, рассчитываются и выводятся на экран показатели посещаемости детьми групп, тем самым позволяя заведующим отслеживать и контролировать деятельность детского сада.

Программное обеспечение информационно-аналитической системы разработано на языке на языке C# в среде Visual Studio 2019. Для создания отчетной документации использован инструмент Report Viewer, с помощью которого генерируются отчеты с возможностью сохранения в форматах Excel, PDF, Word.

Разработанная информационная система сдана в опытную эксплуатацию в БДОУ КМР ВО «Детский сад общеразвивающего вида № 6 "Аленушка"» города Кириллова.

1. Сазонова, Г. А. Автоматизация центра психолого-медико-социального сопровождения / Г. А. Сазонова // Материалы и методы инновационных исследований и разработок : сборник статей Международной научно-технической конференции. – Уфа : ОМЕГА САЙНС, 2016. – С.64–66.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНОВАНИЯ ВЯЗКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА ИЗЛОМАХ МЕТАЛЛА

Е.О. Волков

Научный руководитель ***Е.В. Ершов****, д-р техн. наук, профессор*

Череповецкий государственный университет

г. Череповец

В ходе испытания качества получаемого металла, который идёт на производство различной продукции, в том числе к которой предъявляются особые требования к прочности металла, как например при производстве труб, которые должны выдерживать высокое давление газа, производится аттестация металла, во время которой, в частности, осуществляется проверка на механическую устойчивость металла. В число таких проверок входят испытания на

ударный изгиб, в результате которого оценивается характер поверхности образовавшегося излома с целью выявления хрупкой и вязкой составляющей в нём, которая позволит сделать вывод на сколько произведённый металл будет устойчив к механическим перегрузкам и какой характер будет иметь разрушение металлического изделия.

На данный момент на стороне заказчика подобные виды анализа занимают значительное время. Анализ и оценка изломов металла на соотношение вязкой и хрупкой составляющей производится вручную специалистами лаборатории механических испытаний ПАО Северсталь, что вносит определённую погрешность и субъективную составляющую в получаемые результаты.

Создание системы, которая смогла бы автоматически обрабатывать получаемые изображения, помогло бы в получении объективной информации о качестве металла, что позволило бы поставлять конечным покупателям металл, который бы удовлетворял их требованиям к его свойствам. Таким образом, создание подобной системы является актуальной и востребованной задачей для заказчика в лице ДТРК ПАО Северсталь, так как они заинтересованы в применении проектируемой системы с целью снижения издержек и повышении точности анализа металла.

Целью исследования является создание автоматизированной системы, которая могла бы производить анализ хрупкой и вязкой составляющей.

Хрупкое разрушение – отрыв одних слоев атомов от других под действием нормальных растягивающих напряжений. Отрыв не сопровождается предварительной деформацией. Скорость распространения хрупкой трещины 2000 м/с. Такое разрушение катастрофично и может привести к серьезным последствиям [1].

Вязкое разрушение происходит путем среза под действием касательных напряжений. Ему всегда предшествует значительная пластическая деформация. Трещина тупая и раскрывающаяся. Величина пластической зоны впереди трещины велика. Скорость распространения трещины малая [1].

Для того чтобы определить долю вязкой и хрупкой составляющей в изломе, проводятся испытания падающим грузом, которые проводятся в соответствии с зарубежным стандартом API RP 5L3: Drop-Weight Tear Tests on Line Pipe и отечественным ГОСТ 30456-97. Металлопродукция. Прокат листовой и трубы стальные. Методы испытания на ударный изгиб.

При подсчёте количества вязкой составляющей в изломе образцов толщиной до 19 мм включительно исключают из рассмотрения участки излома, примыкающие к концентратору и месту удара бойка на толщину образца, если его толщина более 19 мм, то исключают из рассмотрения участки длиной 19 мм с обеих сторон. Количество вязкой составляющей в изломе в процентах равно 100 % минус процент хрупкой составляющей [2].

Поверхность вязкого излома матовая и характеризуется тусклым серым видом и имеет текстуру волокон и обычно располагается под углом к боковой

поверхности образца. Поверхность хрупкого излома на вид кристаллическая и блестящая, без видимых следов пластических деформаций. Участки хрупкого излома обычно примыкают к основанию концентратора и месту удара [3]. Схема определения процента вязкой составляющей в изломе образца показана на рисунке 1.

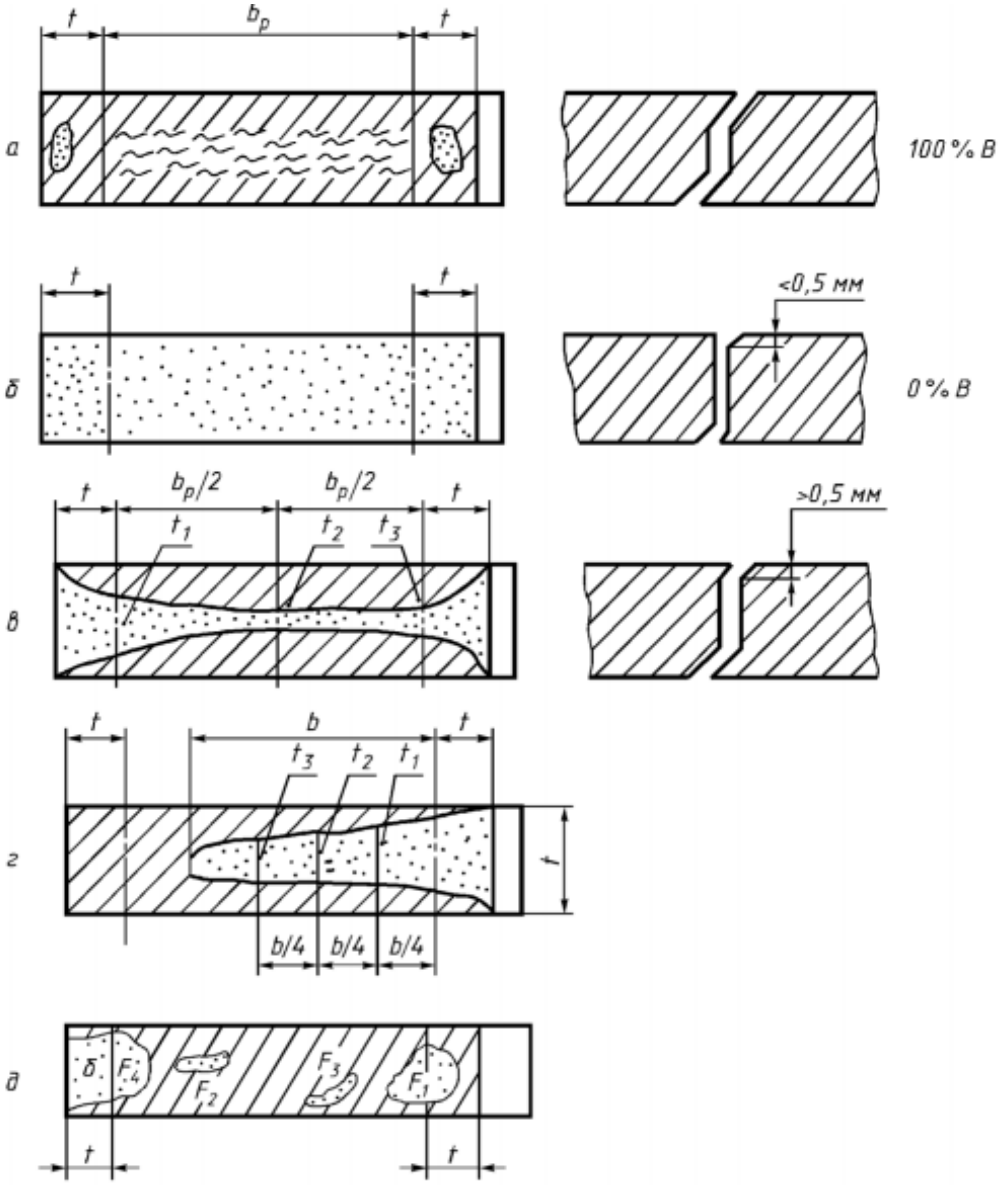


Рис. 1. Схема определения процента вязкой составляющей в изломе образца

Для определения процента вязкой составляющей будут применяться нейронные сети. Они состоят из множества слоёв, которые выполняют определённую операцию. Каждый слой состоит из набора нейронов, которые имеют один или несколько входов и один выход, который формируется с помощью функции преобразования, которая называется активационной функцией нейрона. Набор слоёв формирует архитектуру нейронной сети. Обучение нейронных сетей происходит по алгоритму градиентного спуска с использованием

функции потерь, которая обозначает насколько нейронная сеть ошиблась в своём результате [4].

Для того, чтобы определить области вязкой составляющей, будет производиться сегментация – это процесс разделения изображения на несколько сегментов, то есть на выходе будет некоторая область пикселей, которая обладает заданным набором свойств.

Алгоритм, который определяет процент вязкой составляющей на изломе металла на вход принимает кадр, на котором запечатлён излом металла, снятый по нормали к поверхности, а также его геометрические размеры, по итогу она формирует области, на которых присутствует вязкая составляющая, а также итоговый процент её наличия на изломе. Модель черного ящика для данной задачи представлен на рисунке 2.

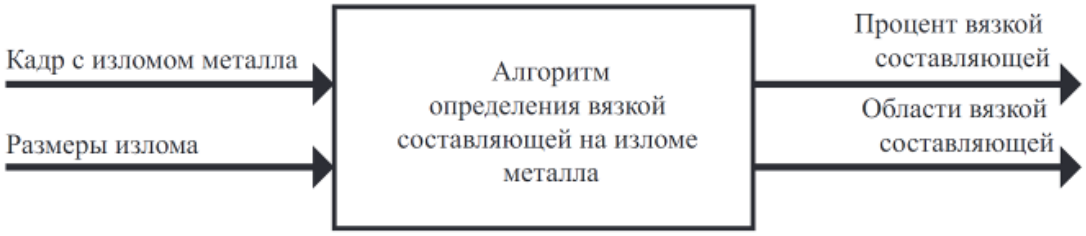


Рис. 2. Модель черного ящика алгоритма определения вязкой составляющей

Концептуально процесс анализа металла на наличие вязкой составляющей можно представить следующим образом: на вход поступает кадр, где есть излом металла, он подаётся на вход первой нейронной сети U-NET, которая находит область или несколько областей, на которых находится излом металла. Полученная область обрезается сверху и снизу согласно нормативным документам в зависимости от ширины образца. Потом формируются изображения, полученные в результате выреза зоны контроля, которые обрабатываются нейронной сетью MaskRCNN, которая находит области с вязкой составляющей. Далее вычисляется суммарная площадь полученных областей, приведённая к реальным размерам излома, которые дальше делится на площадь самого образца, в результате вычисляется процент вязкой составляющей. В результате построенная концептуальная модель показана на рисунке 3.

Объём выборки с дополнительными данными составил 174 фотографии, на которых находились по два излома, имеющие различные показатели хрупкости.

Была обучена нейронная сеть U-NET на сформированной выборке для решения задачи поиска излома металла на изображении. Точность построенной модели достаточно высокая, в районе 95 %, хотя и в получаемой маске бывают пропуски, или иногда случаются ложные детекции, которые тем не менее на постпроцессинге можно исключить. Была обучена нейронная сеть Mask-RCNN, которая решала задачи поиска зоны контроля, на которой нужно

вычислять хрупкую составляющую, а также на определение зон 100 % хрупкости и 50 %, когда чередуются зоны хрупкости-вязкости. Точность обученной модели составила 90 %.

Обученные нейронные сети были интегрированы в програмнное обеспечение, которое позволяет производить анализ фотографий. Оно отображает все найденные зоны хрупкой составляющей, выполняет вычисление процента вязкой составляющей в соответсвии с ГОСТ 30456-97 для всех найденных изломов в кадре.

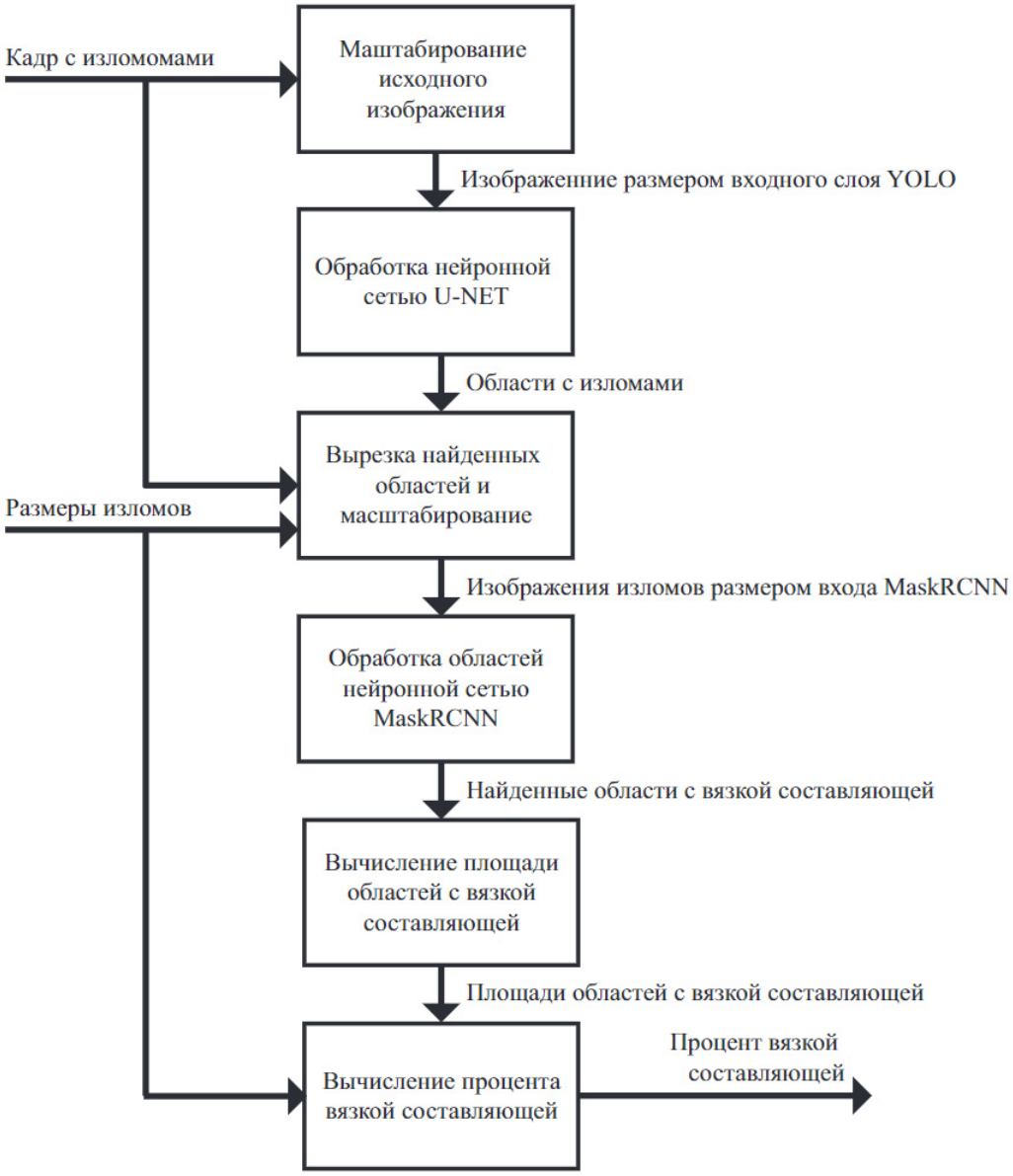


Рис. 3. Концептуальная модель для решения задачи определения вязкой составляющей на изломе металла

1. Федотов, А. Физическое материаловедение. Часть 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах / А. Федотов. – Москва : Вышэйшая школа, 2012. – 448 с.

2. ГОСТ 30456-97 Прокат листовой и трубы стальные. Методы испытания на ударный изгиб : введен 01.01.2000. – Москва : Издательство стандартов, 2003. – 11 с.

3. API RP 5L3. Drop-Weight Tear Tests on Line Pipe. – American PetroleumInstitute, 2014. – 16 p.

4. Shapiro Linda G. Computer Vision / Shapiro Linda G., Stockman George C. – New Jersey, Prentice-Hal, 2001. – 609 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОЖЕСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ ПОТЕРЬ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Д.А. Вяткин

Научный руководитель ***М.В. Захаров****, канд. техн. наук, доцент*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

г. Архангельск

В современных интеллектуальных системах широко распространено применение систем машинного обучения на основе нейронных сетей. Для успешного обучения и дальнейшей корректной работы нейронных сетей требуется выбрать функцию потерь и метрики оценки качества работы нейронных сетей. Обученные на одном наборе данных нейронные сети с одинаковым набором гиперпараметров и стартовых условий, но с разными функциями потерь, выделяют различные наборы признаков и особенностей в данных. Обучение нейронных сетей с применением различных гиперпараметров позволяет объединять нейронные сети в ансамбли для улучшения целевых метрик и снижения ошибки от функции потерь.

В исследовании, описанном в данной статье, была рассмотрена возможность использования нескольких функций потерь при обучении одной нейронной сети. Была разработана нейронная сеть с несколькими скрытыми слоями, к каждому из которых был подключен отдельный выходной слой, анализирующий целевое значение согласно заданной ему функции активации и функции потерь. Целевое значение было одно, но дублировалось для каждого выходного слоя. В результате были проанализированы показания каждого выходного слоя и сохранены лучшие комбинации весов для каждого из выходных слоев. Сохраненные веса использовались для разработки ансамбля нейронных сетей, что позволило повысить уровень качества целевой метрики итоговой нейронной сети. В разработанном ансамбле использовались только части нейронной сети, обученной с использованием различных функций потерь.

В работе использовались библиотеки Tensorflow 2.3.0 и Sklearn.

Библиотекой Sklearn был сгенерирован набор данных для задачи классификации. Набор данных содержал 10000 объектов, каждый из которых при-

надлежал к одному из 10 классов и описывался 11 параметрами. Данный подход позволил создать сбалансированный датасет, содержащий 1000 примеров для каждого класса объектов, что позволило избежать проблемы несбалансированности датасета, способной повлиять на результаты исследования. Также в таком датасете присутствуют только корректные и верные данные, что позволило устранить влияние человеческого фактора.

Входные параметры датасета были подвергнуты стандартизации. Это решение обосновано тем, что нейронные сети значительно быстрее и лучше обучаются на данных, находящихся в диапазоне от 0 до 1. Далее датасет был разделен на обучающую, тестовую и валидационную выборки в соотношении 80 %, 10 %, 10 %. Выходное значение класса было закодировано в формат унитарный код, формат 1 hot encoding.

Была разработана архитектура нейронной сети, содержащая 191676 обучаемых параметров. Нейронная сеть имела 1 входной слой, 4 скрытых слоя, 6 выходных слоев. 3 выходных слоя имели функцию активации softmax и функцию потерь categorical crossentropy. 3 других выходных слоя имели функцию активации sigmoid и функцию потерь binary crossentropy. Скрытые слои имели функцию активации relu. На рисунке 1 представлена архитектура нейронной сети.

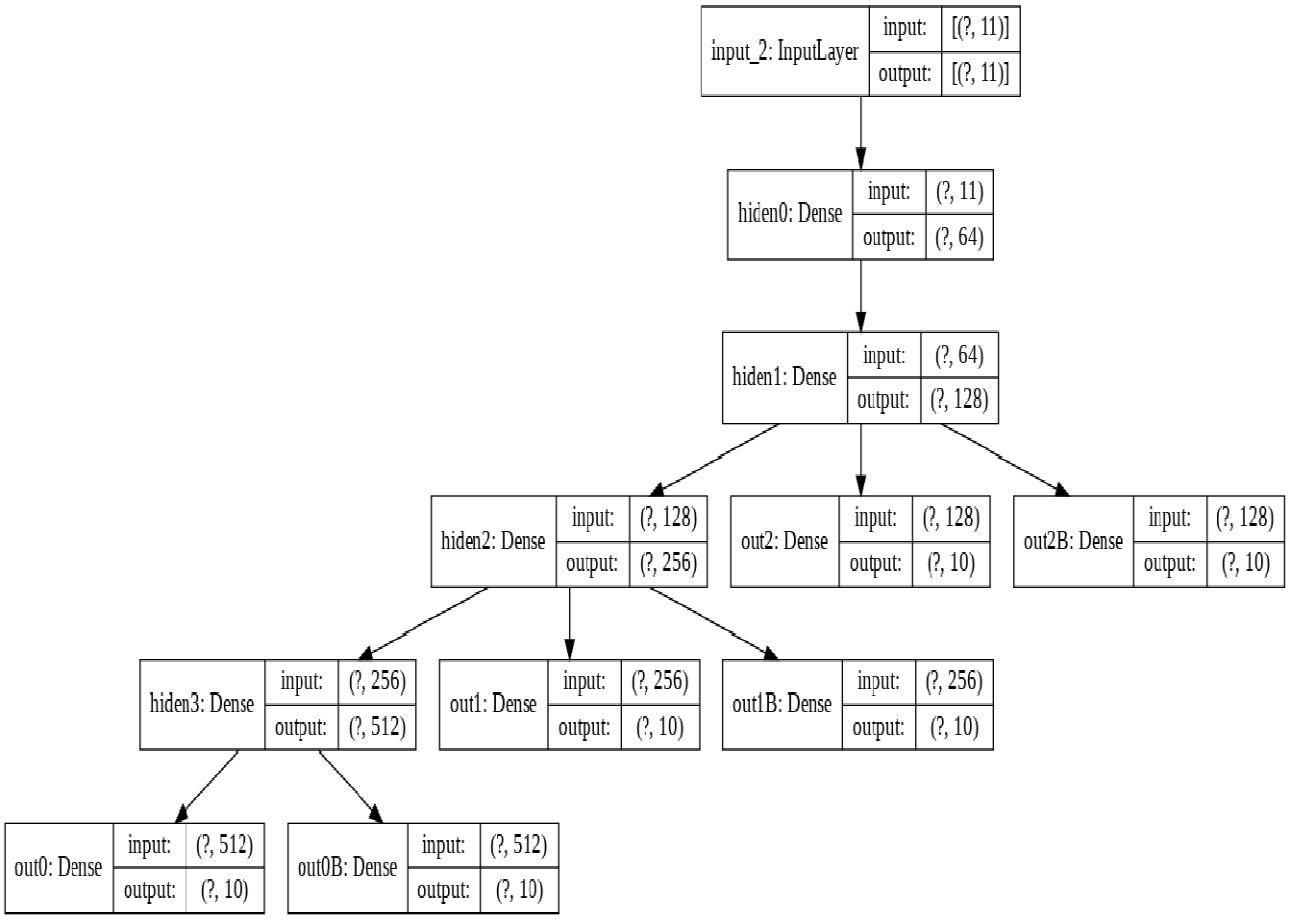


Рис. 1. Архитектура нейронной сети с применением множества выходных слоев

В процессе обучения и при компиляции модели использовался оптимизатор Adam со скоростью обучения 0.0001. Обучение производилось 100 эпох. Размер батча в процессе обучения был равен 10.

Метрикой оценки качества работы нейронной сети являлась точность классификации. Для каждого выходного слоя создавался чекпоинт, в который по окончании каждой эпохи сохранялось состояние нейронной сети, если выходным слоем была получена максимальная точность.

После обучения были созданы 6 чекпоинтов. Каждый чекпоинт содержит комбинацию весов нейронной сети, при которой нейронная сеть возвращает с соответствующего выходного слоя предсказываемое значение с максимальной точностью. В таблице описаны соответствующие чекпоинтам выходные слои нейронной сети, их параметры и лучшие показатели точности и функции потерь.

Таблица

Описание параметров,
соответствующих чекпоинтам выходных слоев

Имя слоя	Тип активации слоя	Тип функции потерь	Максимальная точность	Значение функции потерь при максимальной точности
out0	softmax	categorical_crossentropy	0.6970	0.9190
out1	softmax	categorical_crossentropy	0.6790	0.8814
out2	softmax	categorical_crossentropy	0.6560	0.9789
out0B	sigmoid	binary_crossentropy	0.7090	0.1485
out1B	sigmoid	binary_crossentropy	0.6890	0.1517
out2B	sigmoid	binary_crossentropy	0.6420	0.1720

На основе полученных чекпоинтов был построен ансамбль из нейронных сетей. Модели были загружены из чекпоинтов. Из загруженных моделей удалялись слои, не связанные с выходным слоем, соответствующем данному чекпоинту. Сам выходной слой также был удален. Данный шаг позволял использовать для обучения плотное тензорное представление объекта со скрытого предыдущего слоя.

Плотные тензорные представления объектов, полученные от каждой из загруженных нейронных сетей, были объединены в один слой и отправлены на полносвязный слой для выявления скрытых взаимосвязей, которые использовались для предсказания целевого параметра.

В результате была получена архитектура ансамбля нейронных сетей, представленная на рисунке 2.

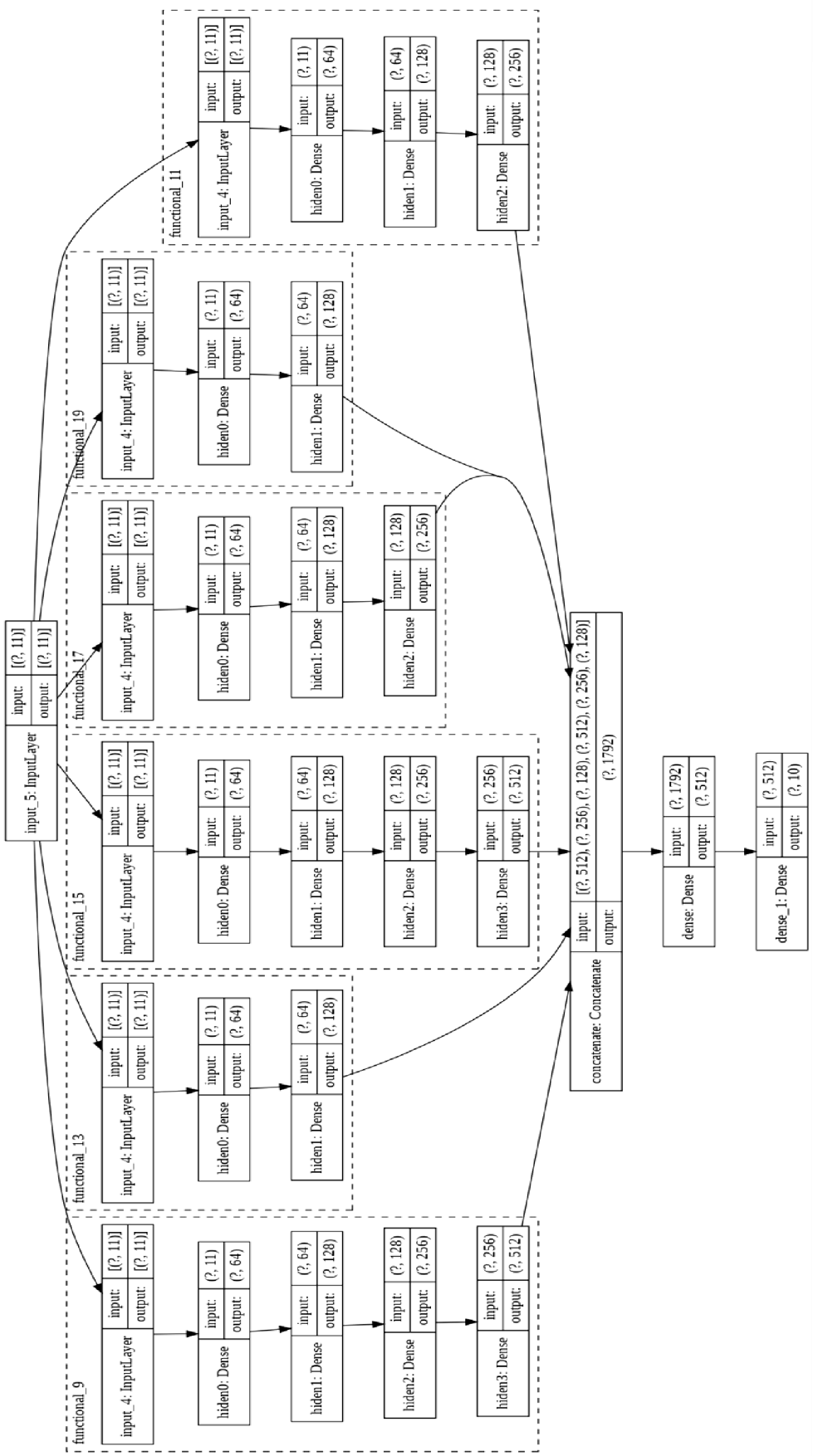


Рис. 2. Архитектура ансамбля нейронных сетей (пунктиром выделены части моделей, загруженные из чекпоинтов)

Данная нейронная сеть имеет 1372938 обучаемых параметров. В процессе обучения и при компиляции модели использовался оптимизатор Adam со скоростью обучения 0.0001. Обучение производилось 100 эпох. Размер батча в процессе обучения был равен 10. Метрикой оценки качества работы нейронной сети являлась точность классификации. В качестве функции потерь использовалась функция categorical crossentropy т.к. она наиболее оптимально подходит для анализа данных в унитарном коде.

В результате обучения ансамбля нейронных сетей была достигнута точность 0.7430 и значение функции потерь categorical crossentropy 0.8385.

В процессе исследования была исследована возможность использования множественных функций потерь для обучения одной нейронной сети с целью расчета одного выходного значения. Исследование показало, что такой подход осуществим. Данный подход препятствовал появлению эффекта переобучения, т.к. все слои не могли одновременно подстроится под разные функции потерь, тем самым нейронной сети приходилось искать скрытые пространства признаков для успешного обучения. В процессе обучения веса нейронной сети, соответствующие наиболее перспективным пространствам признаков для каждого выходного слоя, и его функции потерь сохранялись в соответствующие чекпоинты, на основе которых в дальнейшем был построен ансамбль нейронных сетей, объединивший данные пространства и увеличивший точность предсказания целевого класса на 3.4 % и уменьшивший значение функции потерь categorical crossentropy на 0.429. Данный метод является более быстрым, чем построение ансамбля нейронных сетей на основе разных моделей, т.к. в данном случае обучается всего одна модель, что позволяет минимизировать влияние скорости чтения и записи данных с диска в память компьютера.

1. Loss Functions and Optimization Algorithms. Demystified. Medium. – URL: https://medium.com/data-science-group-iitr/loss-functions-and-optimization-algorithms-demystified-bb92daff331c (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

2. Metrics to Evaluate your Machine Learning Algorithm. Towards data science. – URL: https://towardsdatascience.com/metrics-to-evaluate-your-machine-learning-algorithm-f10ba6e38234 (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

3. Predicting Metrics With Neural Nets. Medium. – URL : https://medium.com/swlh/predicting-metrics-with-neural-nets-2425244c9f2e (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

4. What are Loss Functions. Towards data science. – URL : https://towardsdatascience.com/what-is-loss-function-1e2605aeb904 (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Д.А. Григорьев, М.А. Макаровский
Научный руководитель ***А.В. Машкин****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В современном мире с каждым годом происходит рост населения, а вместе с ним повышается интенсивность движения на дорогах общего пользования – именно поэтому требуется качественная автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД). АСУДД – это система, которая включает в свой состав подсистемы, состоящие как из программного обеспечения, так и из аппаратных приборов [1].

Проводя исследования в области эффективности таких систем, необходимо в первую очередь выделить их основные цели.

Главными задачами АСУДД являются: отслеживание погодных условий в реальном времени, оценка качества дорожного покрытия, контроль за компонентами инфраструктуры, обмен информацией с удалённым сервером в автоматическом режиме, обеспечение визуальной информацией оператора, прогнозирование дорожных происшествий. Именно от решения данных задач и зависит эффективность АСУДД.

Эффективность автоматизированной системы управления трафиком – это функция, которая зависит от набора услуг, которые могут быть реализованы в системе.

В данной работе в качестве примера были взяты пять перекрёстков города Вологды, которые показаны на рисунке 1, граф, образуемый ими, представлен на рисунке 2.

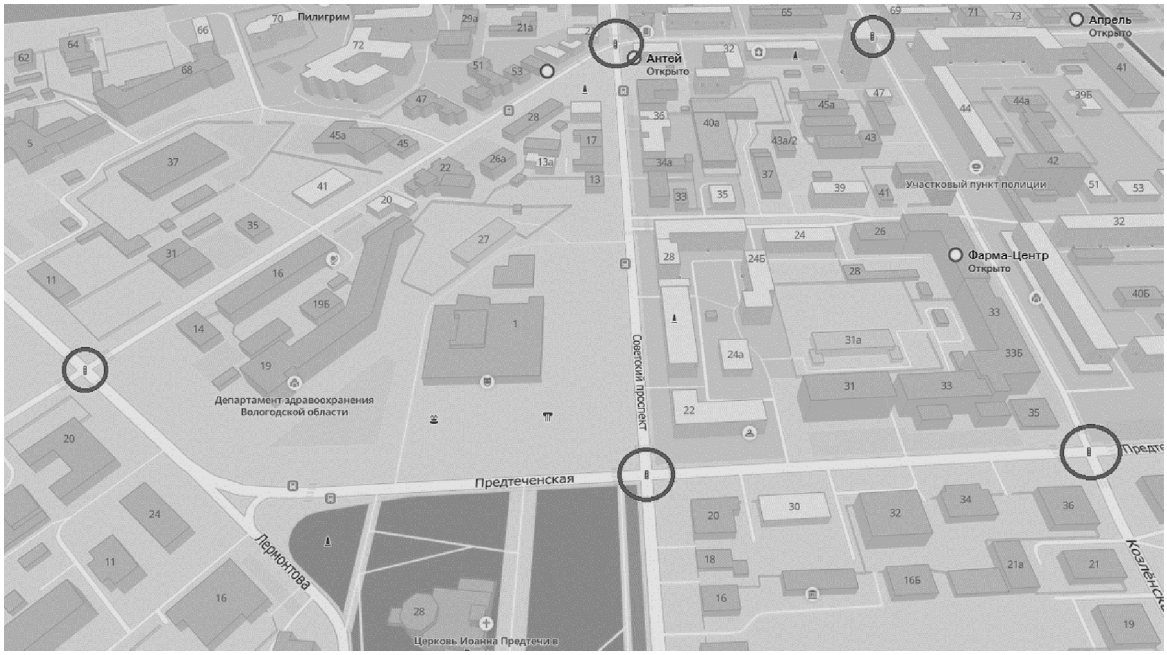


Рис. 1. Перекрёстки города Вологды

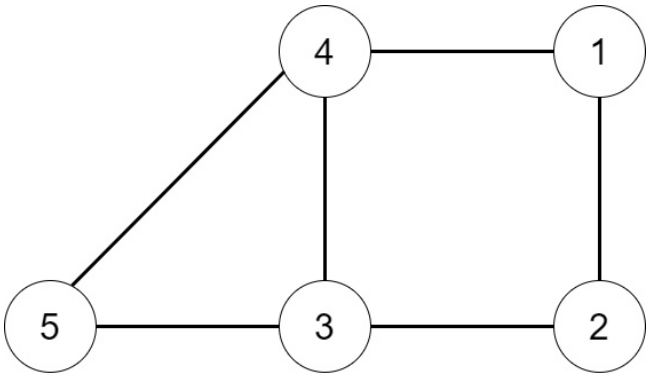


Рис. 2. Графическое представление перекрестков

Для обхода представленного графа может использоваться один из алгоритмов, приведенных в [2], а его программная реализация может быть выполнена, например, на языке C# [3].

Основным фактором выступают задержки движения, которые несут за собой потери времени. Исходя из этого, происходит снижение средней скорости дорожного транспорта на рассмотренном нами участке дороги. Среднюю суммарную задержку времени t_Δ можно определить [1]:

$$t_\Delta = \int_{l_1}^{l_2} \left[\frac{1}{v_f(l)} - \frac{1}{v_p(l)} \right] dl, \qquad (1)$$

где v_f – подлинная скорость, м/с;

v_p – принятая скорость, м/с;

dl – отрезок дороги, м.

Рассчитав среднюю суммарную задержку определяем общие потери:

$$T_\Delta = N_A t_\Delta T, \qquad (2)$$

где N_A – заданная интенсивность движения;

T – длительность исследования, ч.

Для оценки доступной пропускной способности дорог, а также отдельных полос проезжей части применяется коэффициент транспортной нагрузки Z, который соответствует отношению существующего объема движения к пропускной способности дороги:

$$Z = \frac{N}{P}, \qquad (3)$$

где P – допустимая пропускная способность дороги, авт/ч;

N – трафик, авт/ч.

Наиболее значимой среди всех задач АСУДД считается алгоритмическая обработка приобретённых сведений о состоянии дорожной ситуации на заданном участке, а также конкретного скоординированного режима управления тревогами на объекте. Блоки данных в состоянии транспортных потоков используются в качестве исходных данных. Блок данных разбит на структуры, которые описывают каждый сегмент УДС отдельно. За сегмент принимают часть полосы движения, начиная от перекрестка. Так как на рассмотренном в данной работе участке города все дороги имеют двухполосное движение, зна-

чит можно выделить 8 сегментов для каждой проезжей части. Поэтому целесообразно детектор ультразвукового типа устанавливать на расстоянии каждые 30 метров.

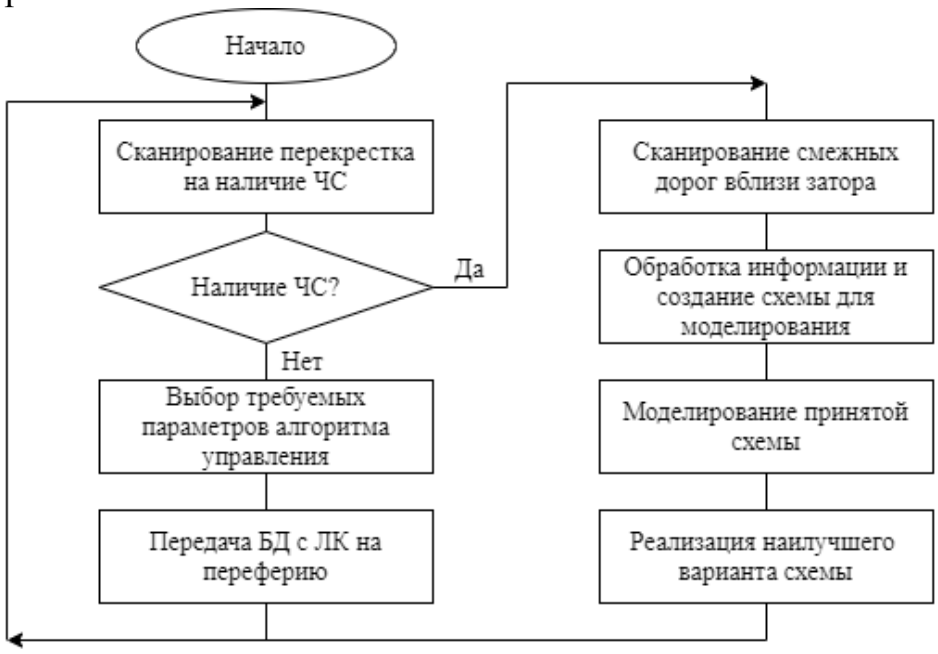


Рис. 3. Блок-схема алгоритма функционирования АСУДД

Алгоритм длительности цветовых сигналов представлен на рисунке 3. Ниже приведено описание работы данного алгоритма.

Производится сканирование местности вокруг перекрестка на наличие затора. Затем, если обнаружен перегруженный перекрёсток, производится переназначение продолжительности горения зелёного и красного сигналов светофоров на рассматриваемом участке с целью регулирования и стабилизирования ситуации. И только когда просмотрены абсолютно все части в УДС, выработанный источник сведений делится данными с местными контроллерами. Результативность перемещения транспортных средств на месте оценивается в соответствии с (3). При увеличении производительности полученные результаты будут стремиться к нулю.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод: значимость применения АСУДД с целью результативного управления дорожным движением, основываемая на новейших методах и программах, велика и востребована в современных реалиях, а в данной работе сформулирован аспект оценивания производительности и осуществлено представление функционирования АСУДД.

1. Клинковштейн, Г. И. Организация дорожного движения : учебное пособие для студентов вузов / Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. – Москва : Транспорт, 2001. – 247 с.

2. Рафгарден, Т. Совершенный алгоритм. Графовые алгоритмы и структуры данных / Т. Рафгарден. – Санкт-Петербург : Питер, 2019. – 256 с.

3. Машкин, А. В. Технология разработки программного обеспечения : учебное пособие / А. В. Машкин. – Вологда : ВоГУ, 2014. – 75 с.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ДЕФЕКТАМИ В ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТАХ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АРХЕТИПА

Е.С. Григорьев
Научные руководители: ***В.Е. Гвоздев****, д-р техн. наук, профессор,*
О.Я. Бежаева*, канд. техн. наук, доцент*
Уфимский государственный авиационный технический университет
г. Уфа

Введение. На сегодняшний день программные продукты всецело вошли в нашу жизнь и стали неотъемлемой её частью. Сейчас почти невозможно представить себе эффективное управление и принятие решений во многих отраслях – от программных составляющих сложных программно-аппаратных комплексов до бортовых компьютеров – самолетов без них.

Из-за того, что жизнь и благополучие множества людей зависят от таких программно-аппаратных систем, необходимо обеспечивать их соответствующий уровень безопасности, в частности функциональной. И если за прошедшие десятилетия человечество приобрело опыт обеспечения функциональной безопасности аппаратных средств, то вот с программными системами человек столкнулся относительно недавно и еще накапливает опыт и знания.

В свою очередь, функциональная безопасность программных продуктов напрямую зависит от дефектов различной природы, которые неизбежно появляются на разных стадиях жизненного цикла.

Учитывая системообразующую роль программных систем в формировании цифровой экосреды, можно утверждать, что актуальными являются исследования, направленные на формирование теоретических основ построения систем обеспечения функциональной безопасности программных продуктов.

В известных работах Р.М. Юсупова, Б.П. Пальчуна и других исследователей обосновывается положение о том, что дефекты в программных продуктах следует рассматривать как разновидность сложной системы управления. Это дает основание для научной адаптации подходов и методов, хорошо себя зарекомендовавших при решении задач управления сложными системами иной природы, в область дефектологии программных систем. В настоящей работе рассматривается подход, основанный на описании систем обращения с дефектами посредством системных архетипов.

Системные архетипы. Архетип – формализованная и многократно используемая модель некоторого понятия предметной области. Архетипы предлагают структуру и основу, на которой модель может быть разработана и изготовлена.

Системные архетипы позволяют прогнозировать поведение системы и позволяют найти ответ на вопрос – почему возникают одни и те же проблемы?

Кроме того, системные архетипы позволяют взглянуть на систему в перспективе чтобы понять, что нужно сделать для улучшения состояния системы.

В работах Д. Медоуз [1] и П. Сенге [2] выделены и описаны девять основных системных архетипов:

1. Уравновешивание с задержкой (Balancing Process with Delay);
2. Пределы роста (Limits to Growth);
3. Подменить проблему (Shifting the Burden);
4. Размывание целей (Eroding Goals);
5. Эскалация (Escalation);
6. Деньги к деньгам (Success to the Successful);
7. Трагедия общих ресурсов (Tragedy of the Commons);
8. Неработающее решение (Fixes that Fail);
9. Рост и недоинвестирование (Growth and Underinvestment).

Пример применения архетипа «Предел роста» для анализа динамических свойств системы обращения с дефектами.

Архетип «предел роста», показанный на рисунке 1, позволяет представить систему обращения с дефектами в программном продукте в виде системы с двумя петлями обратной связи.

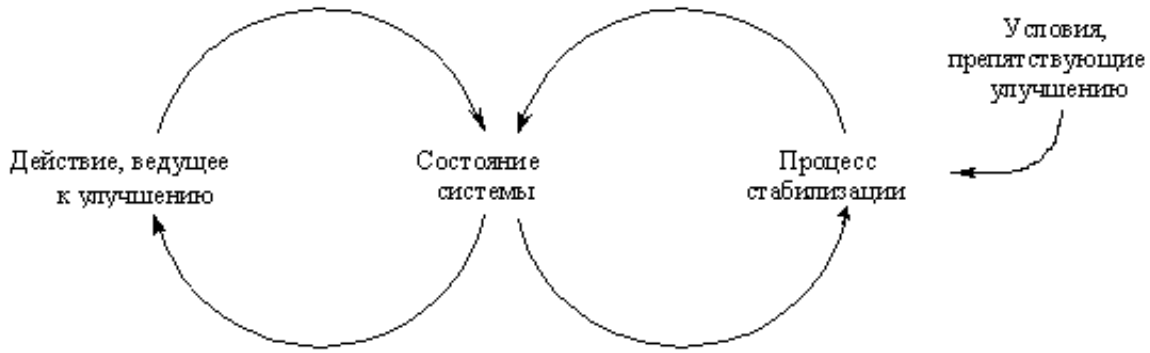


Рис. 1. Архетип «Предел роста»

То, что систему обращения с дефектами можно рассматривать как разновидность системы управления сложными объектами, дает основание для адаптации моделей, использовавшихся для описания систем иной природы, для описания систем обращения с дефектами. В работе Райкова А.Н. со ссылкой на первоисточник описана модель вида:

$$h_{t+1} = h_t * \gamma_t * (1 - h_t). \quad (1)$$

Применительно к задаче обращения с дефектами в рамках упомянутого выше архетипа параметрам этой модели можно дать следующие толкования:

h_t – параметр, характеризующий количество дефектов в программном продукте в t-й момент времени (время измеряется тактами);

h_{t+1} – параметр, характеризующий количество дефектов в программном продукте в (t+1)-й момент времени, иначе говоря в (t+1)-й такт;

γ_t – параметр, характеризующей целенаправленную деятельность по обращению с дефектами в t-й момент времени.

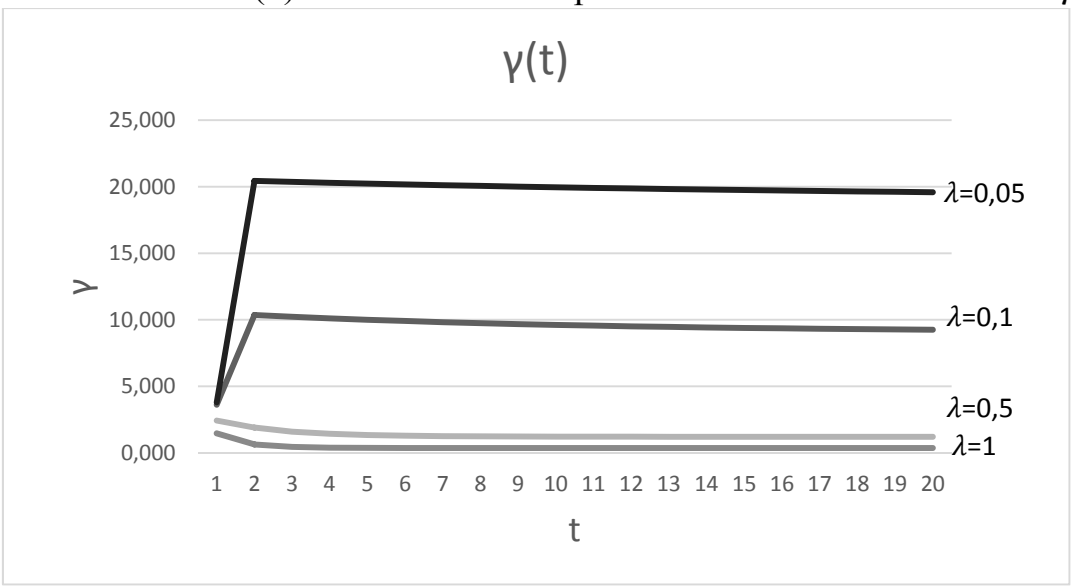
Установление возможности описания деятельности по обращению с дефектами посредством системных архетипов позволяет выполнять постановки задач, в которых дефекты выступают в качестве объектов управления. Предположим, что целью управления является реализация следующего изменения количества дефектов во времени:

$$h_{t+1} = h_t * \gamma_t * (1 - h_t) = e^{-\lambda(t+1)}. \quad (2)$$

Отсюда:

$$\gamma_t = \frac{e^{\lambda(t+1)}}{h_t(1-h_t)}. \quad (3)$$

Из соотношения (3) может быть построена зависимость изменения γ_t:



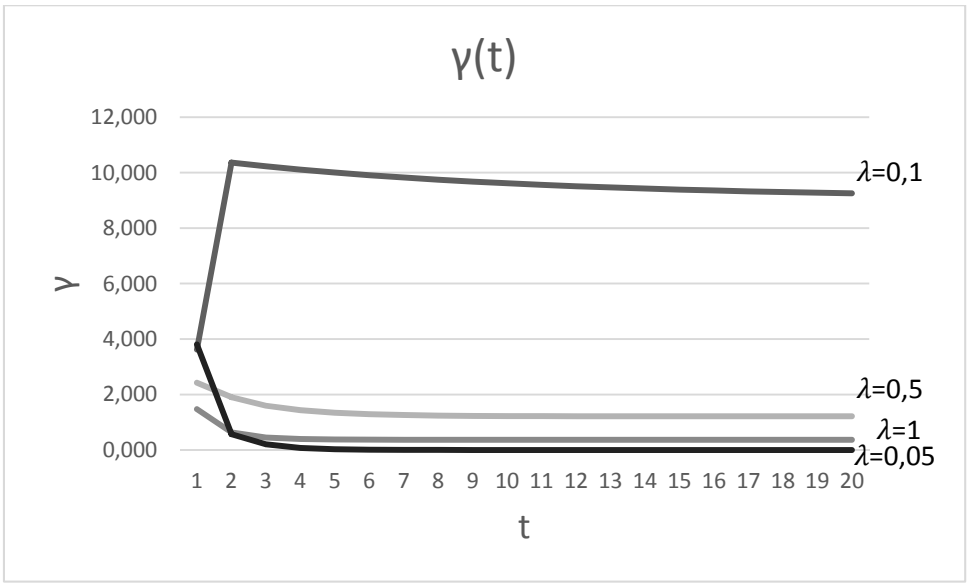


Рис. 2. Поведение $\boldsymbol{\gamma_t}$ в зависимости от разных значений $\boldsymbol{\lambda}$

Ограничением рассмотренного подхода является то, что не учитывается многообразие классов дефектов, а также источников их возникновения (сис-

темообразующими факторами возникновения дефектов являются ошибки акторов, участвующих в реализации разных фаз жизненного цикла программных продуктов).

Заключение. Архетипное описание системы обращения с дефектами делает возможным использование наработок, полученных в рамках исследования систем иной природы, в качестве основы для построения моделей позволяющих рассматривать дефекты как объекты управления. Это, в свою очередь, делает возможным формулировать задачи по оптимизации деятельности в рамках проблемы обращения с дефектами.

1. Медоуз, Д. Азбука системного мышления : Психология бизнеса. Бизнес-этикет / Медоуз, Д. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 344 с.

2. Сенге, П. Пятая дисциплина : Искусство и практика обучающейся организации / П. Сенге. – Москва : Издательство Олимп-Бизнес, 2003, – 408 с.

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОПУЛЯРНОСТИ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

М.В. Денисова

Научный руководитель ***С.Ю. Ржеуцкая****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В век высоких технологий и искусственного интеллекта программист – одна из самых востребованных профессий. Сфера программирования динамична, инструменты и технологии всё время меняются. А конкуренция на рынке труда достаточно жёсткая. Поэтому проблема выбора языков программирования и интегрированных сред разработки (Integrated Development Environment – IDE) в процессе обучения студентов ИТ-направлений является актуальной и для преподавателей профильных дисциплин, и для самих студентов. Третьей стороной, остро заинтересованной в решении этой проблемы, являются работодатели и специалисты, работающие в сфере ИТ.

В рамках магистерской диссертации на тему «Перевод в дистанционный формат лабораторных работ по дисциплинам ИТ-направлений» было выполнено исследование показателей популярности средств разработки программного обеспечения. Цель исследования – выявление наиболее востребованных в настоящий момент языков программирования и IDE, изучение которых в лабораторном практикуме будет особенно полезно для студентов ИТ-направлений. Эта проблема актуальна и при проведении лабораторных работ в обычном формате обучения [1]. Переход на дистанционный формат требует больших усилий и от преподавателя, и от студентов. Обоснованное решение проблемы выбора инструментальных средств позволит направить эти усилия

в правильное направление, а работодателям получить выпускников, переобучение которых под специфику конкретных задач организации займёт минимальный период времени.

Исследование выполнялось в три этапа:

1. Опрос специалистов ИТ-направлений г. Вологды.
2. Поиск информации по данной проблеме в сети Интернет.
3. Анализ полученных результатов.

Опрос специалистов выполнялся путём анкетирования через Интернет. С помощью сервиса Google Forms была создана анкета. Распространялась данная форма через HR компаний и специалистов, работающих в ИТ сфере. В каждом вопросе требовалось выбрать один или несколько вариантов ответа или написать свой вариант ответа.

Обработка результатов выполнялась при помощи построения диаграммы на основе выбора респондентов и поиска информации по данной проблеме в сети Интернет.

В рамках опроса респонденту нужно было заполнить поля: пол, возраст, уровень образования, место работы, должность, указать, какие языки программирования и IDE он использует в работе, а также указать языки программирования, которые он считает наиболее популярными в 2020 году.

20 респондентов из компаний Сбербанк, R-style softlab, CPA-сеть, Макси и ВоГУ прошли анкетирование и были получены следующие результаты:

– Самыми распространенными языками, используемыми в работе, стали SQL и Java (рис. 1).

– Самыми популярными языками программирования на 2020 год стали Python, JavaScript и Java (рис. 2).

– Самыми распространенными IDE, используемыми в работе, стали IntelliJ IDEA, PyCharm и WebStorm (рис. 3).

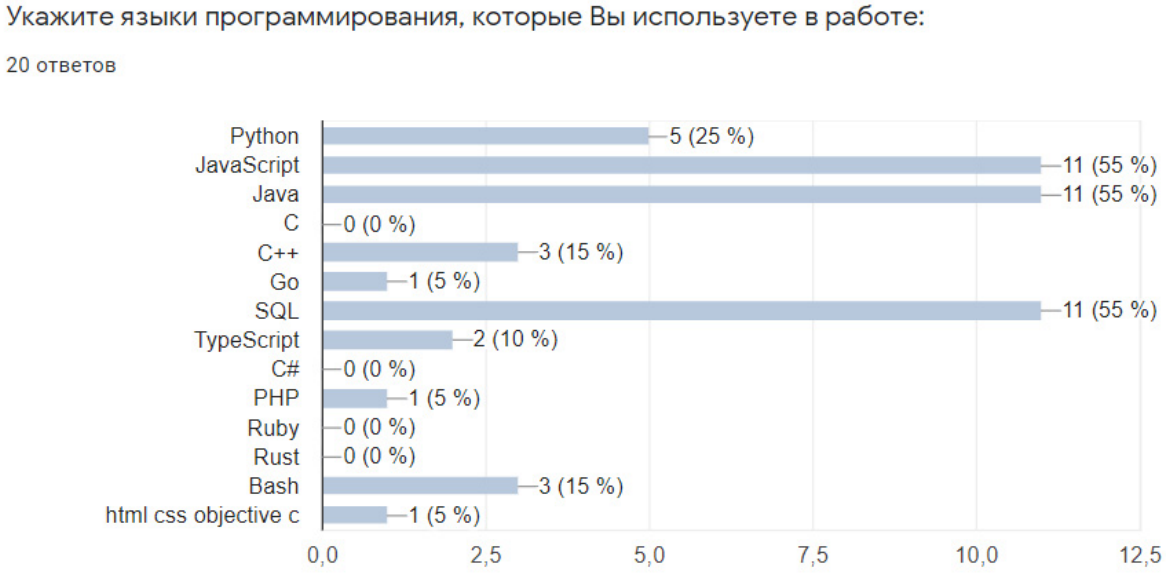


Рис. 1. Диаграмма востребованности языков программирования

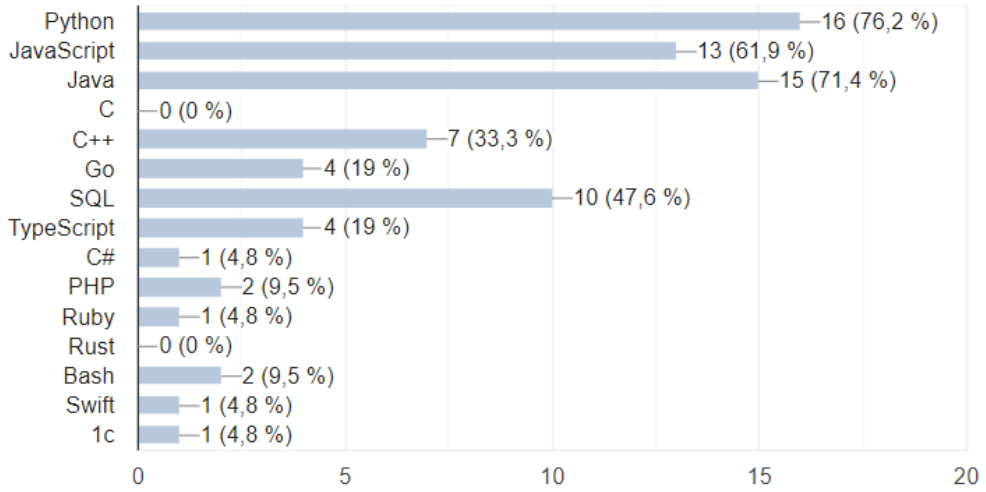


Рис. 2. Диаграмма популярных языков программирования по мнению респондентов

Рис. 3. Диаграмма востребованности IDE

Для полноты картины сравним полученные результаты с индексом сообщества программистов TIOBE. Данный индекс является показателем популярности языков программирования. Рейтинги основаны на количестве квалифицированных инженеров во всем мире, курсов и сторонних поставщиков. Популярные поисковые системы, такие как Google, Bing, Yahoo!, Wikipedia, Amazon, YouTube и Baidu, используются для расчета рейтингов.

Индекс можно использовать для проверки актуальности навыков программирования или для принятия стратегического решения о том, какой язык программирования следует использовать при создании новой программной системы. [2]

На рисунке 4 приведен список языков программирования, популярных в октябре 2020 года.

Oct 2020	Oct 2019	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	2	^	C	16.95%	+0.77%
2	1	v	Java	12.56%	-4.32%
3	3		Python	11.28%	+2.19%
4	4		C++	6.94%	+0.71%
5	5		C#	4.16%	+0.30%
6	6		Visual Basic	3.97%	+0.23%
7	7		JavaScript	2.14%	+0.06%
8	9	^	PHP	2.09%	+0.18%
9	15	^^	R	1.99%	+0.73%
10	8	v	SQL	1.57%	-0.37%

Рис. 4. Список языков программирования, популярных в октябре 2020 года с сайта TIOBE

Опрос респондентов и список TIOBE позволяют показать полную картину с языками программирования на 2020 год. Сравнив рейтинг TIOBE и опрос, можно заметить, что резкого расхождения в рейтингах нет, но в анкетах присутствует специфика вологодского рынка труда программистов.

Выбор IDE не менее важен, чем выбор языка программирования. На основе нескольких источников из Интернета был составлен рейтинг IDE и приведен в таблице.

Таблица

Рейтинг IDE

Rating	IDE
1	Visual Studio
2	PyCharm
3	IntelliJ IDEA
4	XCode
5	WebStorm
6	CodeLite
7	QT Creator

Данные таблицы тоже немного отличаются от результатов опроса вологодских ИТ-специалистов. Так, пользующаяся огромной популярностью и используемая при изучении нескольких учебных дисциплин Microsoft Visual Studio среди вологодских специалистов занимает только третье место, а на первом месте с большим отрывом находится IntelliJ IDEA, которая в глобальном рейтинге находится на третьей позиции. Тем не менее, существенного

различия в двух представленных рейтингах IDE не наблюдается, как и в рейтингах языков программирования. Например, растущая популярность языка Python и среды разработки PyCharm одинаково представлена в обоих рейтингах заслуженным вторым местом.

Выполненное исследование поможет преподавателям профильных дисциплин и будущим ИТ-специалистам определиться с выбором языков программирования и средств разработки в процессе обучения.

1. Архитектура интеллектуального агентно-ориентированного учебного комплекса для подготовки специалистов технического профиля / Швецов, А. Н., Ржеуцкая, С. Ю., Сергушичева, А. П., Суконщиков, А. А. // Открытое образование. – 2018. – 22(3). – С. 14–24.

2. TIOBE Index for October 2020. – URL: https://www.tiobe.com/tiobe-index/ (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

КОНФИГУРИРУЕМОСТЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПЛАНИРОВАНИЯ АГРАРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Д.Е. Жаравин
Научный руководитель ***С.Б. Федотовский****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

На современном этапе развития цифровые технологии всё чаще вмешиваются во все сферы производства. Сложно представить организацию или предприятие, в которых бы не применялись компьютерные технологии.

Скорее наоборот, именно постепенный переход к новым технологиям стал основным элементом в их информационной стратегии. Сельское хозяйство не стало исключением.

Современные агропромышленные комплексы и сельскохозяйственные предприятия вынуждены функционировать в постоянно меняющихся условиях внешней среды.

Еще совсем недавно развитие цифровых технологий на сельскохозяйственных предприятиях в России отставало, в основном из-за небольшого уровня технологической оснащённости, однако уже сегодня развитие компьютерных технологий в сельском хозяйстве имеет высокий потенциал.

График количества устройств «Internet of Things» в мире на 2013–2020 год в разбивке по отраслям представлен на рисунке 1.

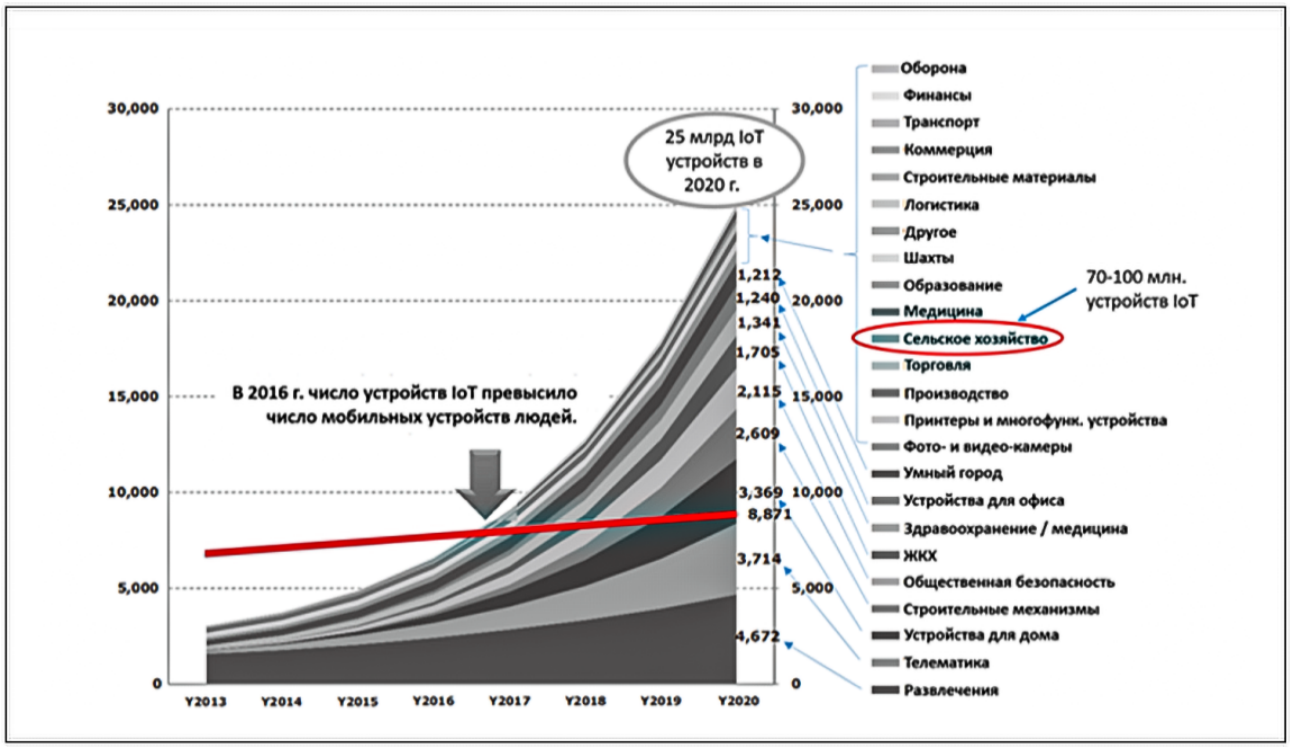


Рис. 1. График количества устройств «Internet of Things» в мире на 2013–2020 год в разбивке по отраслям

Многие российские межотраслевые агропромышленные комплексы уже сегодня применяют современные технологии, которые направлены на автоматизацию, диагностику, мониторинг, учет и планирование своей деятельности [1].

Внедрение компьютерных технологий в сельскохозяйственную отрасль (в пределах прикладного программного обеспечения) позволяет решать такие задачи, как:

- селекция сортов растений по определённым признакам;
- ведение электронных агрохимических паспортов полей;
- оптимизация размещения сельскохозяйственных культур;
- расчет доз подкормок и удобрений;
- мониторинг работы сельскохозяйственной техники;
- оценка прогноза урожайности;
- создание технологических карт;
- определение и учёт зональных систем севооборота семян и так далее.

Сегодня появляется всё больше и больше универсальных систем и программных комплексов, призванных решать подобные задачи. К наиболее крупным из них относятся: АгроКонтролер, Agro-online, Agrocontrol, GrowVeg, Agronom, Soft.farm и многие другие.

Эти и другие подобные программные системы хорошо подходят для крупных сельскохозяйственных предприятий, холдингов и агропромышленных комплексов, так как обладают многозадачностью, универсальностью и имеют большой функционал.

И это действительно так – дальнейший анализ рынка программных продуктов показал, что сфера его обслуживания чаще всего направлена на большие предприятия, а небольшим сельскохозяйственным структурам, фермерским хозяйствам и частным лицам не целесообразно (а, скорее всего, и не под силу) приобретение подобных программных комплексов. Излишний функционал и универсальность систем во много раз повышают стоимость программного обеспечения, а также устанавливают высокую планку на системные требования вычислительной техники.

Именно поэтому целесообразно рассмотреть создание собственной системы, которая обладала бы только самым необходимым (а, возможно, и минимальным) функционалом и, как следствие, доступной ценой [2].

В исследовательской части проекта следует учесть базовые условия и факторы, которые оказывают прямое влияние на эффективность сельскохозяйственной деятельности. К таким факторам относятся:

- принцип севооборота семян;
- определение зональных систем севооборота;
- учёт качества и производителя семян;
- сроки созревания растений;
- совместимость друг с другом сельскохозяйственных культур;
- учёт количества и объёма урожая.

При разработке необходимо рассмотреть способы сбора информации, структуру и взаимодействие элементов, а также их свойства.

Для создания данного программного продукта была выбрана технологическая платформа «1С:Предприятие 8.3». Решение было принято с учётом удобства использования программы, простого и понятного интерфейса, который можно настроить индивидуально под большой класс задач.

Платформа «1С:Предприятие 8.3» распространяется в клиент-серверном и файловом вариантах. Файловый вариант обеспечивает мобильность системы и не требует подключения рабочей станций к сети Интернет и обладает небольшими системными требованиями. Такой вариант отлично подходит для персональной работы одного или небольшого количества пользователей.

Именно индивидуальная настройка, хорошая конфигурируемость и мобильность системы послужили основным определяющим фактором при выборе программной платформы для реализации проекта.

Разработка структуры программного продукта осуществляется в отдельном модуле, который предназначен для разработчиков и программистов на базе платформы «1С:Предприятие».

Данный режим запуска называется «Конфигуратор» – он позволяет создавать, корректировать структуру и свойства базы данных, создавать программные модули и выполнять все административные функции [3]. При необходимости «Конфигуратор» допускает самостоятельно изменять структуру

базы данных. Окно конфигуратора системы «1С:Предприятие» представлено на рисунке 2.

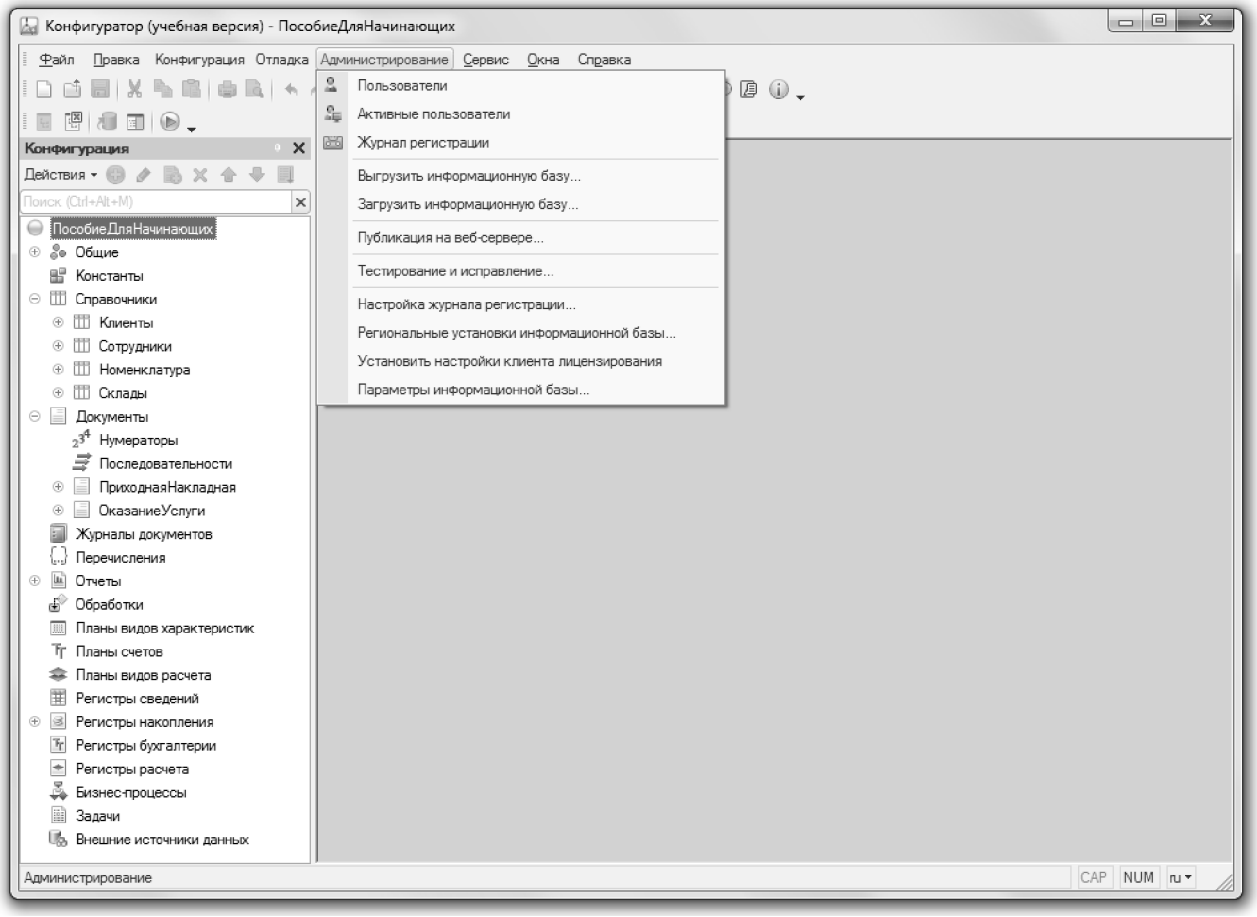


Рис. 2. Окно конфигуратора системы «1С:Предприятие»

Платформа «1С:Предприятие» позволяет управлять работой уже существующей конфигурации, вносить в неё необходимые изменения, а также создавать новые конфигурации с возможностью индивидуальной настройки интерфейса.

Интерфейс программного продукта создаётся из специальных элементов – подсистем. Проектирование любой конфигурации в «1С:Предприятие» начинается с их разработки. Прежде чем связать подсистемы вместе с необходимыми объектами конфигурации, нужно тщательным образом определить состав этих подсистем. Это ответственная и важная задача, требующая полного понимания того, как будет выглядеть и функционировать конечный программный продукт.

При создании пользовательского интерфейса необходимо учитывать факт учета зональных систем севооборота. Кроме того, частные садоводы и фермерские хозяйства имеют достаточно ограниченный состав сельскохозяйственных культур, к тому же он зачастую однотипен. В связи с этим пользова-

телям будут предложены основные культуры, произрастающие в рамках данного региона, а также создан интерфейс для добавления новых.

Предлагаемая система разрабатывается с целью создания комфортных условий ведения мониторинга, учета и планирования аграрной деятельности, обладая при этом низкой стоимостью, а также только самым необходимым (и достаточным) функционалом.

В основном целью предлагаемого проекта является обеспечение благоприятных условий для ведения садоводства и огородничества, реализация аграрной деятельности, повышение её удобства и создание благоприятных условий труда небольших фермерских хозяйств и частных садоводов.

1. Жаравин, Д. Е. Система мониторинга и планирования аграрной деятельности / Д. Е. Жаравин // Информационные системы и технологии : материалы межрегиональной XIII Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых (Вологда, 19 ноября 2019 г.) / редколлегия: А. А. Синицын [и др.] – Вологда : Вологодский государственный университет, 2019. – 133 с.

2. Жаравин, Д. Е. Система мониторинга и планирования аграрной деятельности / Д. Е. Жаравин // Молодые исследователи - регионам: Материалы Международной научной конференции (Вологда, 13–23 апреля 2020 г.) / редколлегия: В. Н. Маковеев [и др.] – Вологда : Вологодский государственный университет, 2020. – 132 с.

3. Радченко, М. Г. 1С:Предприятие 8.3 Практическое пособие разработчика / М. Г. Радченко, Е. Ю. Хрусталева. – Москва : 1С-Паблишинг, 2013. – 963 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СМАРТФОН ПО ИЗУЧЕНИЮ ЯЗЫКА RUST

А.С. Залескевич

Научный руководитель ***А.А. Суконщиков****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В современном мире изучение программирования с помощью приложений на смартфоне, скаченных с App Store или Google Play Маркет, становится уже обычным делом. Это очень удобно, например, когда программисту нужно скоротать время, а под рукой есть смартфон, в котором он может повторить основы языка программирования или просто поучить язык, если человек его еще не знает. Естественно, весь опыт разработки на языке программирования с помощью смартфона не получить. Однако выучить азы новичкам это поможет. Опытным программистам повторить теорию или вспомнить какие-нибудь основы языка также может оказаться весьма полезно. Конечно, можно

столкнуться с проблемой, что для обучения языку программирования, который хочет выучить человек, может не быть приложения на смартфон по его изучению. В основном это касается новых языков, которые только еще набирают свою популярность. В особенности это касается относительно нового языка программирования Rust.

Возникает резонный вопрос, почему же именно язык Rust? Потому что этот язык не без оснований начинает пользоваться популярностью в рядах программистов.

В качестве доказательства посмотрим на ежегодный опрос разработчиков Stack Overflow 2019 года. Это самый крупный, а также всесторонний опрос людей, которые пишут код по всему миру. Язык Rust четвертый год подряд занял первое место в категории «Самый любимый язык программирования». Он набрал 83,5 % голосов.

В категории «Какие языки связаны с самыми высокими зарплатами в мире» выяснилось, что программисты, использующие Clojure, F #, Elixir и Rust, получают самые высокие зарплаты, при этом средняя зарплата превышает 70 000 долларов США. Занял Rust 8-е место.

В категории «Заработная плата и опыт работы по языку» оказалось, что разработчикам, использующим языки программирования, такие как Clojure, Scala, Go, Rust и R, платят больше даже с учетом того, сколько у них опыта.

Как мы видим, Rust не только пользуется любовью разработчиков, но и оплата программистам, использующим этот язык, очень достойная.

На сайте tehrocks.ru в 2020 году вышла статься «6 языков программирования, на которые стоит обратить внимание». Естественно, Rust вошел в их число. В статье отметили такой плюс языка, как возможность программиста писать на нем более безопасный код, нежели на C/C++. Также было рассказано о децентрализованной сетевой компании Maidsafe, которая потратила 6 месяцев, избавляясь от кодовой базы на 500 000 строк c++ кода. С помощью Rust этот код удалось не только поместить в 30 000 строк, но и повысить его стабильность.

Теперь можно обратиться к прошедшему в 2019 году Саммиту по технологиям с открытым исходным кодом (Open Source Technology Summit – OSTS). Джош Триплетт, ведущий инженер Intel, рассказал, что его компания заинтересована в том, чтобы Rust достиг «паритета» с доминирующим в области системной и низкоуровневой разработки языком C. Также было сказано о том, какие возможности Rust дадут ему преимущество над C и как он сможет заменить C в данной области программирования в ближайшем будущем.

Триплетт считает, что любой язык, который хочет быть лучше, чем C, должен предложить гораздо больше, чем защиту от переполнения буфера, если он и правда хочет стать неплохой альтернативой. Программистов интересует удобство использования и производительность. В написании кода им нужен язык, не требующий решения проблемы безопасности. Триплетт говорит,

что простота использования и производительности неразрывно связаны с безопасностью. Ведь чем меньше кода вам нужно написать для достижения какого-нибудь результата, тем меньше у вас возможностей, чтобы допустить какие-либо ошибки.

Rust автоматически управляет памятью, поэтому программистам не нужно вручную выделять, а затем освобождать её для каждого объекта в программе. Это решает одну из очень важных проблем языка C. Также в Rust отсутствует сборщик мусора и среда выполнения, необходимая для его работы. В замену этого у Rust есть концепция заимствования, владения, ссылок и времени жизни. То есть система декларирования вызовов объекта, которая позволяет указать, заимствует ли его владелец или это просто использование. Если вы просто заимствуете объект, то компилятор гарантирует, что оригинал останется на месте, пока вы ссылаетесь на него, так как он будет следить за этим. В Rust объект будет удален из памяти сразу по завершении его использования, без дополнительных затрат времени, вставляя соответствующий вызов в код вовремя.

Rust старается обеспечивать безопасное параллельное программирование. Функции, которые делают его безопасным для памяти, отслеживают такие вещи, как то, какому потоку принадлежит объект, какие объекты могут передаваться между потоками, а какие нуждаются в блокировке.

Все вышеперечисленные функции делают Rust достаточно убедительным, чтобы разработчики смогли выбрать его как новый инструмент для системного программирования.

Как и любой язык программирования, у Rust присутствуют некоторые проблемы. На сайте blog.rust-lang.org выложены результаты исследования Rust Survey 2019, где поднялись важные проблемы языка. Опрос был доступен на 14 языках, получено было 3997 ответов. Из результатов исследования видно, что, пожалуй, самая важная проблема языка – это отсутствие документации, литературы, обучающих приложений и видеоконтента по Rust на родном языке разработчиков. Было выявлено, что обычно люди просят больше учебных материалов о Rust, а что касается опыта, то в основном запрашиваются материалы для начального и среднего уровней.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что обучающие приложения, документация, видеоконтент очень нужны современным людям, желающим научится языку программирования, так как английским языком на определенном уровне владеют не все.

Теперь можно выделить преимущества языка программирования Rust: высокая скорость работы, стабильность в работе и компиляции, возможность написать код в ооп-стиле, компилятор сам предлагает варианты исправления ошибок в коде, поддержка многопоточности, кроссплатформенный компилятор, поддержка небезопасных блоков для прямой работы с памятью, можно вставлять код на C и C++.

Где применяется язык Rust на данный момент: Facebook – система контроля версий, Servo – браузерный движок с многопоточностью, Dropbox – серверная часть, отвечающая за синхронизацию, Coursera – часть frontend, а также backend написана на Rust, Mozilla: – Sccache, Firefox (распределенный кэш для компилятора), OpenDNS – сервис для использования DNS-сервисов, Twitter – использует Rust для высоконагруженной части сервера, Google – экспериментальная операционная система Fuchsia.

Так как сделан вывод, что из-за отсутствия приложений, видеоконтента, литературы и документации на родном языке, обучающее приложение на смартфон по языку Rust будет нужно и полезно, то нужно выяснить, какими функциями должно обладать такое приложение.

Прежде всего, оно должно обучать основам языка Rust, следовательно, должно выдавать теорию. Теория должна быть структурирована и разделена на пункты по возрастанию сложности и увеличению информации, которой должен обладать пользователь, когда подходит к изучению определенного пункта.

После каждого пункта должны идти практические задания для лучшего усвоения материала. Практические задания включают в себя тесты или ввод команд или текста, которого не хватает в предоставленном блоке кода, на языке Rust.

Также должен учитываться прогресс пользователя по изучению языка. Приложение должно запоминать, где остановился в изучении пользователь. Ну и самое главное – приложение должно быть способным расширятся и обновляться как по мере изменения самого языка Rust, так и при добавлении новых функций в приложение.

Подведя итог, можно сказать, что приложение, обучающее языку Rust, будет хорошим дополнением к документации, видеоконтенту, литературе, которые также могут быть использованы пользователями и программистами для обучения. Особенно хорошо оно компенсирует отсутствие документации и прочего обучающего контента на родном языке.

1. Копытов, в. В. Разработка архитектуры интеграционной среды кросс-платформенных мобильных приложений с корпоративной информационной системой / в. В. Копытов, а. О. Шульгин, с. А. Федоров // международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 7. – с. 51–53.

2. Rust survey 2019. – url: https://blog.rust-lang.org/2020/04/17/rust-survey-2019.html (дата обращения: 21.12.2020). – text : electronic.

3. Developer survey results 2019. – url: https://insights.stackoverflow.com/survey/2019 (дата обращения: 21.12.2020). – text : electronic.

4. Новости software <<rust – будущее системного программирования, c – новый ассемблер>> – выступление одного из ведущих инженеров intel. – url: https://3dnews.ru/993325 (дата обращения: 21.12.2020). – текст : электронный.

5. Intel and rust: the future of systems programming: josh triplett. – url: https://www.reddit.com/r/rust/comments/cupayl/intel_and_rust_the_future_of_systems_programming/ (дата обращения: 21.12.2020). – text : electronic.

6. 6 языков программирования нового поколения, на которые стоит обратить внимание. – url: https://techrocks.ru/2020/03/15/programming-languages-of-new-generation/ (дата обращения: 21.12.2020). – текст : электронный.

7. Rust язык, позволяющий каждому создавать надежное и эффективное программное обеспечение. – url**:** https://www.rust-lang.org/ru/ (дата обращения: 21.12.2020). – текст : электронный.

8. Обзор языка программирования rust. – url: https://habr.com/ru/post/135712/ (дата обращения: 21.12.2020). – текст : электронный.

ТРАНСФОРМАЦИЯ СФЕРЫ ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Б.М. Ивлиев

Научный руководитель ***И.М. Зайченко****, канд. экон. наук, доцент*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

г. Санкт-Петербург

В современном мире процессы цифровизации охватывают все больше и больше аспектов повседневной жизни человека и хозяйствования. Данные процессы открывают ранее невиданные возможности для бизнеса, позволяют создавать новые модели хозяйствования и даже меняют парадигму традиционного ведения деятельности. Внедрение информационных технологий также затронуло сферу образования и создало как положительные, так и отрицательные тенденции развития для данного сектора экономики [1].

В данной статье будут рассмотрены плюсы и минусы интеграции цифровых технологий в систему образования, проанализированы результаты опроса студентов и преподавателей высших учебных заведений, а также предложены некоторые рекомендации по модернизации системы образования.

Текущее состояние рынка труда порождает необходимость трансформации не только существующих профессий, поскольку большую часть из них способен заменить компьютер, но и самой системы образования [2].

Наибольшее влияние на модернизацию учебного процесса оказало повсеместное внедрение информационно-компьютерных систем. Некоторые из исследователей считают, что актуальность компьютерных систем находится на невероятно высоком уровне – они становятся многоцелевыми, массовыми средствами для работы с любыми типами информации [4]. Новейшее про-

граммное обеспечение предоставляет новые возможности по работе с текстами, вычислениями, моделями, конструированию и т.д. [3].

Разработка электронной информационно-образовательной среды позволит интегрировать в систему образования все вузы страны. ЭИОС подразумевает применение наиболее актуальных технологических платформ для формирования потока информации, открывая возможность для плодотворного взаимодействия между участниками. Её применение позволит получить такие преимущества:

1. Сведение к минимуму имеющихся технологических разрывов.
2. Успешное устранение недостатков традиционного образования.
3. Процедура обучения примет более персонализированный характер.
4. Наличие границ больше не будет преградой для обучения.

Очевидно, что процесс внедрения цифровых технологий в образовательную отрасль способен модернизировать ее и сделать более эффективной. Однако, как и любая другая процедура, процесс цифровизации сопряжен с определенными рисками и трудностями. Именно поэтому необходимо быть готовыми к оперативному устранению появляющихся проблем.

Негативная сторона цифровизации напрямую связана с дистанционной системой образования [5]. Особенно в условиях пандемии всем пришлось быстро адаптироваться к новому алгоритму работы. Однако отсутствие требуемого уровня владения ПК у многих вызвало осложнение агрегации знаний.

К тому же при проведении онлайн занятий преподавателю крайне проблематично оценить степень вовлеченности в образовательный процесс. Кроме того, сложности могут возникать в случае необходимости ответить на вопрос или проведении рассуждения с преподавателем.

Также не стоит игнорировать тот факт, что данный формат образования нанесет сильный удар по общей социализации, возможности живого общения с одногруппниками и научными наставниками.

Конечно, онлайн образование очень быстро набирает обороты, тем не менее любой студент предпочтет этой форме обучения традиционную очную [5]. Не менее важным является факт, обнаруженный в период пандемии COVID-19 в 2020 году при переводе всех учеников школ и студентов на дистанционную систему образования. Многие отмечали высокую сложность работы в таком формате. Исходя из этого, авторами данной статьи было проведено анкетирование среди студентов и обучающего состава вузов с целью выяснить их мнение касаемо повсеместного внедрения дистанционной формы обучения. Опросная анкета для студентов включала в себя следующий ряд вопросов, которые представлены на рисунке 1:

1. Обучаетесь ли Вы в данный момент в дистанционной форме?
2. Вы считаете, что дистанционное образование эффективнее очного?
3. Как Вы считаете, хорошо ли налажено дистанционное обучение в вашем учебном заведении?

4. Хотели бы Вы в дальнейшем обучаться дистанционно?

5. Вам удобно взаимодействовать с преподавателями, получать от них обратную связь и консультироваться?

6. Как Вы считаете, отразится ли негативно на всей сфере образования повсеместное внедрение учебных программ дистанционного образования?

Варианты ответа: «Да», «Скорее да, чем нет», «Скорее нет, чем да» и «Нет».

Как видно из ответов студентов, опрошенные имеют весьма категоричную позицию насчет системы дистанционного образования, поскольку они чаще выбирали более точные ответы, нежели «Скорее да, чем нет» и «Скорее нет, чем да». Получая знания онлайн, большинство опрошенных сошлись во мнении, что очное образование гораздо эффективнее дистанционного. Тем не менее, больше половины студентов хотели бы и дальше обучаться онлайн, несмотря на все его недостатки. В дополнение к этому подавляющее большинство опрошенных отмечает, что, невзирая на плохую отрегулированность методов дистанционного обучения, студентам удобно получать обратную связь от своих научных наставников. Однако мнения большинства студентов сходятся на том, что дистанционное обучение все же негативно скажется на образовательной сфере в целом.

Отметка времени	Обучаетесь ли Вы в	Вы считаете, что дист	Как Вы считаете, хо	Хотели бы Вы в дальн	Вам удобно взаимо	Как Вы считаете, отраз
9.29.2020 17:16:26	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
9.29.2020 17:16:28	Да	Нет	Да	Скорее нет, чем да	Скорее нет, чем да	Да
9.29.2020 17:16:57	Да	Скорее нет, чем да	Да	Да	Да	Скорее да, чем нет
9.29.2020 17:17:23	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
9.29.2020 17:21:14	Да	Скорее нет, чем да	Да	Да	Да	Нет
9.29.2020 17:22:44	Да	Нет	Скорее нет, чем да	Нет	Нет	Да
9.29.2020 17:44:42	Да	Нет	Нет	Скорее да, чем нет	Да	Да
9.29.2020 17:48:27	Да	Нет	Да	Да	Скорее да, чем нет	Скорее нет, чем да
9.29.2020 17:48:47	Да	Скорее нет, чем да	Нет	Нет	Да	Скорее нет, чем да
9.29.2020 17:48:52	Да	Нет	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет	Скорее да, чем нет	Да
9.29.2020 17:54:21	Да	Нет	Нет	Нет	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет
9.29.2020 17:55:42	Да	Нет	Нет	Скорее нет, чем да	Нет	Скорее да, чем нет
9.29.2020 17:57:12	Да	Нет	Скорее нет, чем да	Нет	Нет	Да
9.29.2020 17:57:30	Да	Скорее да, чем нет	Нет	Да	Да	Нет
9.29.2020 17:57:39	Да	Нет	Нет	Да	Да	Нет
9.29.2020 17:59:11	Да	Скорее нет, чем да	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет	Да	Скорее нет, чем да
9.29.2020 18:00:01	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Да
9.29.2020 18:21:27	Да	Нет	Нет	Да	Да	Нет
9.29.2020 21:45:48	Да	Скорее нет, чем да	Нет	Нет	Да	Да
9.29.2020 22:46:28	Да	Да	Скорее нет, чем да	Да	Скорее нет, чем да	Нет
9.29.2020 23:08:14	Да	Да	Нет	Да	Нет	Скорее да, чем нет
9.29.2020 23:13:06	Да	Нет	Нет	Скорее нет, чем да	Нет	Да
9.30.2020 5:52:33	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
10.4.2020 1:07:54	Да	Скорее да, чем нет	Скорее да, чем нет	Да	Да	Скорее нет, чем да

Рис. 1. Результаты анкетирования студентов

Подобная анкета была предложена для прохождения преподавателям и состояла из вопросов:

1. Приходится ли Вам в данный момент преподавать в дистанционной форме?

2. Вы считаете, что дистанционное образование эффективнее очного?
3. Как Вы считаете, хорошо ли налажено дистанционное обучение в вашем учебном заведении?
4. Хотели бы Вы в дальнейшем обучать студентов дистанционно?
5. Вам удобно взаимодействовать со студентами, получать от них обратную связь и отслеживать продуктивность их работы?
6. Как Вы считаете, отразится ли негативно на всей сфере образования в целом повсеместное внедрения учебных программ дистанционного образования?

Варианты ответов остаются аналогичными, как и в опроснике для студентов. Результаты приведены на рисунке 2.

Отметка времени	Приходится ли Вам в да	Вы считаете, что дистан	Как Вы считаете, хорош	Хотели бы Вы в дальнейше	Вам удобно взаимодейс	Как Вы считаете, отразит
9.29.2020 17:46:46	Да	Нет	Нет	Да	Да	Скорее да, чем нет
9.29.2020 18:11:36	Да	Скорее нет, чем да	Да	Да	Нет	Нет
9.29.2020 18:41:31	Да	Скорее нет, чем да	Да	Да	Скорее нет, чем да	Да
9.29.2020 18:47:27	Да	Нет	Скорее да, чем нет	Скорее да, чем нет	Да	Да
9.29.2020 19:18:29	Да	Скорее нет, чем да	Нет	Да	Да	Скорее да, чем нет
9.29.2020 19:25:43	Да	Нет	Скорее нет, чем да	Нет	Нет	Да
9.29.2020 21:22:51	Да	Скорее нет, чем да	Да	Скорее да, чем нет	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет
9.29.2020 22:13:39	Да	Нет	Нет	Да	Да	Да
9.30.2020 15:27:29	Да	Нет	Да	Скорее да, чем нет	Да	Да
10.1.2020 12:56:03	Да	Скорее нет, чем да	Скорее нет, чем да	Нет	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет
10.2.2020 9:14:37	Да	Скорее да, чем нет	Скорее да, чем нет	Да	Скорее да, чем нет	Скорее нет, чем да
10.2.2020 10:28:58	Да	Нет	Нет	Скорее да, чем нет	Нет	Да
10.2.2020 12:48:17	Да	Нет	Скорее да, чем нет	Скорее нет, чем да	Скорее нет, чем да	Да
10.2.2020 13:46:00	Да	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет	Скорее нет, чем да	Да	Нет
10.3.2020 10:15:27	Да	Да	Скорее нет, чем да	Нет	Скорее нет, чем да	Скорее да, чем нет

Рис. 2. Результаты анкетирования преподавателей

Как продемонстрировано на рисунке 2, в общем и целом преподаватели солидарны со студентами. Они также отметили меньшую эффективность дистанционного обучения в сравнении с традиционным, изъявили желание преподавать в такой форме в дальнейшем и отметили удобство получения обратной связи от обучающихся. Тем не менее, большая часть опрошенных преподавателей считает, что система дистанционного образования в их вузе налажена вполне достойно, что не коррелирует с точкой зрения их учеников. В тот же момент преподавательский состав сходится во мнении со своими студентами в том, что дистанционный вариант передачи знаний окажет отрицательное воздействие на сферу образования.

Опираясь на мнение обучающихся и их научных наставников становится очевидно, что имеющаяся система дистанционного образования является крайне сырой и потребует большого числа доработок, даже несмотря на существующие позитивные аспекты. Для устранения имеющихся слабых сторон и пробелов нами предлагается формирование специальных инструкций и курсов для преподавателей и студентов, обучающих их методам взаимодействия с

ЭИОС, что повысит общий уровень эффективности агрегации знаний студентами и упрощению процесса их передачи преподавателями. В дополнение к этому даже в рамках традиционного очного образования необходимо ввести определенные онлайн-курсы и утвердить размещение ответов на задания в информационном пространстве, что, несомненно, поможет овладеть функционалом ЭИОС и повысит продуктивность работы с ней. Также овладение данными навыками поможет быстро и безболезненно переходить на систему дистанционного образования в экстренных ситуациях, поскольку все будут знакомы с механизмами работы в цифровом пространстве.

По мнению авторов, данные рекомендации, учитывающие мнения студентов и преподавателей, помогут усовершенствовать и модернизировать систему, безусловно повысив ее привлекательность в глазах абитуриентов, выбирающих подходящую именно им форму обучения. Предложенные варианты решений также позволят мгновенно трансформировать очную форму образования в дистанционную без потери эффективности.

1. Акимова, О. Б. Цифровая трансформация образования: своевременность учебно-познавательной самостоятельности обучающихся / Акимова О. Б., Щербин, М. Д. // Инновационные проекты и программы в образовании. – 2018. – № 1. – С. 27.

2. Каракозов, С. Д. Успешная информатизация – трансформация учебного процесса в цифровой образовательной среде / Каракозов, С. Д., Уваров, А. Ю. // Проблемы современного образования. – 2018. – № 2. – С. 7.

3. Козлова, Н. Ш. Актуальность обеспечения информационной безопасности в банковской системе / Козлова, Н. Ш. // Актуальные проблемы технических наук : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2018. – С. 80.

4. Козлова, Н. Ш. Современные технологии в сетевой безопасности / Козлова Н. Ш. // Цифровая экономика: новая реальность : сборник статей по итогам Международной научно-практической видеоконференции, посвященной 25-летию вуза. – Майкоп, 2018. – С. 45.

5. Ivanova, M. The ongoing professional education of civil servants in russia and other countries: a comparative analysis / Ivanova M., Negashev D. // Proceedings of the European Conference on Knowledge Management, ECKM. 2018.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА УВЕЛИЧЕНИЯ КОМБИНИРУЕМОСТИ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ СТАЛИ

А.Г. Карачунов
Научный руководитель ***Е.В. Ершов****, д-р техн. наук, профессор*
Череповецкий государственный университет
г. Череповец

На крупных металлургических предприятиях нередко возникают ситуации, когда поступает единичный заказ на производство стали определенной марки сравнительно небольшого объема. Такой заказ для выполнения может быть экономически нецелесообразным, так как технологическим процессом, как правило, предусмотрен выпуск минимального, но при этом относительно большого объема металлопродукции. Например, агрегаты типа «печь-ковш» малых предприятий имеют вместимость более 100 тонн [1], а более крупные конвертеры предусматривают выплавку более 350 тонн стали за один цикл [2]. Взяв заказ на производство нестандартной выплавки, предприятие будет вынуждено произвести выплавку в стандартном объеме, и после реализации части полученного продукта остатки содержать на складе, при этом неся финансовые потери.

Каждая марка стали производится по определенному стандарту, которым задается ее химический состав и механические свойства. Химический состав определяется диапазонами массовой доли содержания каждого входящего в выплавку химического элемента.

На производстве Череповецкого металлургического комбината существуют правила, по которым разные химические составы можно комбинировать между собой, выполняя при этом требования стандарта для заданной марки стали. При комбинации между собой двух химических составов получается третий новый химический состав, определяющийся пересечениями диапазонов массовых долей содержания каждого из химических элементов, проверяемых на комбинируемость химических составов. Если полученный таким образом химический состав удовлетворяет требованиям стандарта на производство заданной марки стали, а также диапазоны содержания каждого из его химических элементов имеют ширину, позволяющую реализовать его производство с учетом технических параметров оборудования, то будем считать, что два проверяемых химических состава комбинируются.

В информационной системе ПАО «Северсталь» насчитывается более 1000 вариантов используемых химических составов и только около половины из них комбинируются хотя бы с одним другим. В настоящее время на производстве отсутствует математический и программный аппарат, позволяющий оптимизировать выбор химических составов для комбинации их между собой и удовлетворения требований различных заказов одновременно.

Предлагается программное обеспечение, реализующее возможность проведения расчетов, необходимых для увеличения комбинируемости химических составов стали.

Для увеличения комбинируемости химических составов стали нужно выполнить следующие задачи:

1. По заданному химическому составу определить все стандарты на производство стали, которым он соответствует.

2. Определяется, по каким химическим элементам в пределах каждого стандарта можно расширить диапазоны.

3. Сформировать набор химических составов с расширенными диапазонами, при этом шаг изменения процентного содержания химического элемента определяется заранее исходя из максимального числа десятичных знаков значения параметра процентного содержания химического элемента (например, если для химического элемента Mn параметр процентного содержания определен диапазоном [0,5; 1,55], то значение шага изменения в таком случае для Mn будет равно 0,01).

4. Сравнить полученные химические составы с расширенными диапазонами с базой данных всех химических составов и, в соответствии с установленными правилами комбинируемости, определить для них параметр количества комбинируемых пар.

5. Определить выборку химических составов, имеющих минимальные изменения диапазонов содержания химических элементов (минимальный вес, определяемый как сумма количества шагов по каждому химическому элементу выбранного химического состава с расширенными диапазонами), и максимальный параметр количества комбинируемых пар с другими химическими составами.

Для программной реализации метода увеличения комбинируемости химических составов стали, используемых на производстве, сформируем базы данных «Химические составы» и «Стандарты на производство» в виде файлов формата .xls.

База данных «Химические составы» содержит данные об используемых на производстве химических составах и ее основными полями являются: идентификационный номер химического состава (ChemicalCompositionID), марка стали (SteelMark), стандарт на производство соответствующей марки стали (Standart), значения верхних и нижних границ диапазонов по каждому химическому элементу соответствующего химического состава (CMin, CMax, MnMin, MnMax и т.д.).

База данных «Стандарты на производство» содержит сведения о максимальных границах диапазонов содержания химических элементов, определяемых стандартами на производство соответствующих марок стали. Основные поля указанной базы данных: марка стали (SteelMark), стандарт на производство соответствующей марки стали (Standart), значения верхних и нижних границ диапазонов по каждому химическому элементу соответствующего химического состава (CMin, CMax, MnMin, MnMax и т.д.).

Для хранения данных, загружаемых из вышеописанных баз данных для производства вычислений, произведем описание необходимых структур данных на языке программирования C#:

1) структура ChemicalComposition имеет поля типа float, содержащие значения верхних и нижних границ диапазонов по каждому химическому элементу, строковое поле id, поле типа списка из строк steelMarkList, поля weight и combineCounter типа int. Методом типа bool данной структуры будет являться функция, имеющая один входной параметр типа ChemicalComposition и реализующая правила проверки на комбинируемость экземпляра структуры с указанным параметром;

2) структура SteelStandart имеет поля типа float, содержащие значения верхних и нижних границ диапазонов по каждому химическому элементу, строковое поле name.

Как основной алгоритм поиска нового химического состава, имеющего лучшие показатели комбинируемости (combineCounter) и веса (weight), используем перебор всех вариантов химических составов внутри границ диапазонов, определяемых стандартом (SteelStandart).

Задачу сравнения полученных химических составов с расширенными диапазонами с базой данных всех химических составов целесообразно решать с помощью параллельных вычислений с помощью метода parallel.ForEach библиотеки TPL.

Функциональная схема работы программы представлена на рисунке.

Рис. Функциональная схема работы программы.

Интерфейс программы содержит активные элементы для выбора пути к файлам с базами данных «Химические составы» и «Стандарты на производство», формы для вывода на экран параметров выбранного химического состава, стандарта на производство, а также нормализованного стандарта (значения границ диапазонов содержания химических элементов которого приведены к табличному виду для химических элементов, не описанных в требованиях выбранного стандарта). После загрузки в оперативную память баз данных активируются выпадающее меню для выбора исследуемого химического состава, марки стали, а также стандарта на ее производство.

По завершении вычислений пользователю выводится окно с информационным сообщением об окончании работы программы и временем, за которое произведен расчет, после чего можно перейти к выбору параметров для следующего расчета.

Полученные результаты вычислений обеспечивают возможность оптимизировать выбор используемого химического состава в рамках стандарта на производство определенной марки стали в части, касающейся комбинируемости его с другими химическими составами (что равнозначно объединению заказа на производство продукции данной марки с другим заказом).

Программная реализация метода увеличения комбинируемости химических составов стали позволяет получить следующие результаты:

1) снижение объемов нереализованной продукции;
2) снижение количества одиночных плавок, повышение серийности разливаемой стали;
3) снижение количества отказных заказов.

1. ПАО «Северсталь» : официальный сайт. – URL: https://www.severstal.com/rus/media/news/document4023.phtml (дата обращения 01.11.2020). – Текст : электронный.

2. ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» : официальный сайт. – URL: http://mmk.ru/press_center/71125/ (дата обращения 01.11.2020). – Текст : электронный.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ЯЗЫКУ SQL

А.С. Кириллов
Научный руководитель ***С.Ю. Ржеуцкая****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время всё более популярным становится дистанционное обучение. В связи с этим возникает вопрос о том, как можно организовать процесс получения знаний в простой и удобной для восприятия форме. Разрабатываемое мобильное приложение, предназначенное для обучения языку SQL, предлагает ряд возможностей, с помощью которых студенты с легкостью освоят теоретический материал, закрепят полученные знания с помощью тестирования и выполнения заданий открытого типа. И, что самое главное, для обучения не требуется иметь доступ к персональному компьютеру, достаточно всего лишь иметь под рукой мобильное устройство на базе операционной системы Android. Также при помощи использования мобильного приложения процесс получения знаний можно осуществлять не только из дома, а, к примеру, во время длительной поездки, во время ожидания очереди к парикмахеру и в любое другое свободное время.

Мобильное приложение позволит студентам изучить язык SQL как в теории, так и на практике. Приложение будет обладать следующими возможностями:

- изучение курса структурированных, простых и понятных лекций по языку SQL;
- прохождение тестов на знание языка SQL;
- выполнение учебно-тренировочных заданий [1] – написания запросов к базе данных по условию задачи, при этом проверка решений осуществляется автоматически;
- выполнение команд SQL в свободном режиме, используя встроенную в платформу Android СУБД SQLite.

Весь вышеуказанный функционал представляет собой множество эффективных приемов обучения, которые, несомненно, повышают качество получения знаний по языку SQL и в совокупности позволяют студенту освоить предложенный курс на очень высоком уровне.

Мобильное приложение предназначено для устройств на базе OS Android 4.1+, разрабатывается на языке Java и является многофункциональным клиентом, который получает данные из веб-приложения, анализирует их и представляет пользователю в простом и удобном виде. Все функциональные части программы разбиты на отдельные модули и являются независимыми друг от друга. В качестве навигационного элемента приложения используется

Navigation Drawer, контент выводится в таком элементе, как Fragment. В качестве IDE для проведения процесса разработки мобильного приложения используется Android Studio.

Веб-сайт (веб-приложение) разрабатывается с использованием фреймворка Spring [2]. Для написания бэкенда применяется язык Java. С помощью веб-сайта преподаватель может с лёгкостью добавлять или изменять лекции, тесты, учебно-тренировочные задания, все внесенные изменения будут мгновенно отражены в мобильном приложении. Веб-приложение основано на принципах архитектуры MVC (Model-View-Controller). MVC разделяет аспекты приложения (логику ввода, бизнес-логику и логику UI), обеспечивая при этом свободную связь между ними.

- Model (Модель) объединяет данные приложения, в целом они будут состоять из POJO.
- View (Отображение, Вид) отвечает за отображение данных Модели, как правило, генерируя HTML, которые мы видим в браузере.
- Controller (Контроллер) обрабатывает запрос пользователя, создаёт соответствующую Модель и передаёт её для отображения в Вид.

Организация взаимодействия между мобильным приложением и сайтом осуществляется при помощи использования REST API [3]. Все данные из веб-приложения отправляются в мобильное приложение в формате JSON.

В качестве IDE для проведения процесса разработки веб-приложения используется Intellij IDEA.

Архитектура системы в упрощенном виде отображена на рисунке 1.

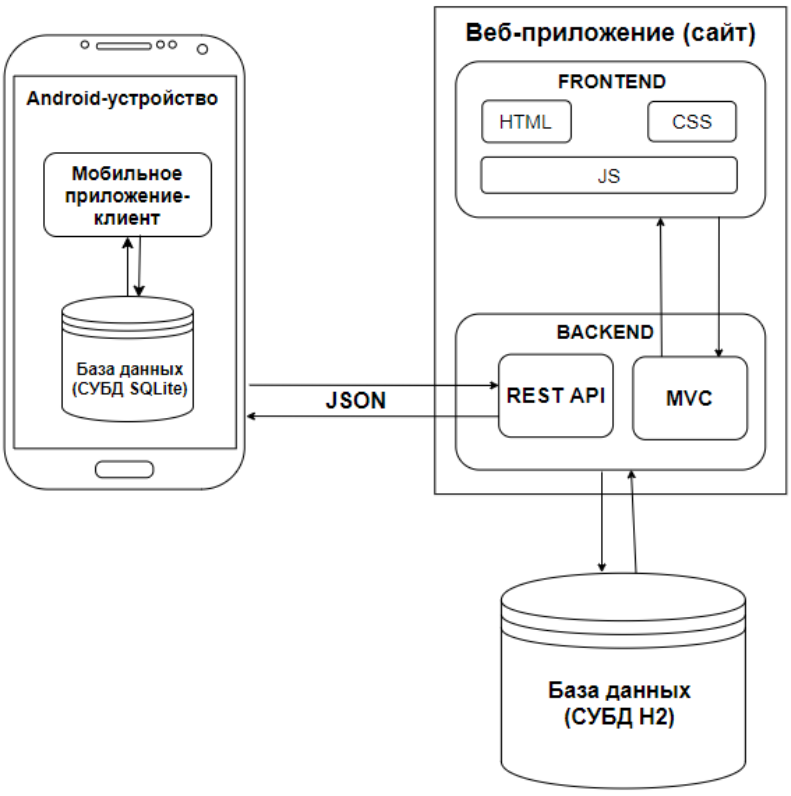


Рис. 1. Архитектура системы

В качестве примера рассмотрим принцип реализации одной из возможностей приложения – предоставления лекционного материала обучающимся в простом и удобном формате. Все лекции хранятся в базе данных H2 в таблице следующего вида:

идентификатор лекции
название лекции
текст лекции (CLOB)

Для взаимодействия бэкенда веб-приложения и реляционной базы данных используется механизм Spring Data JPA – он предоставляет возможность работы Java с сущностями базы данных, позволяет извлекать, изменять данные.

С помощью веб-сайта преподаватель может с легкостью добавлять, изменять лекции с использованием WYSIWYG редактора (отображено на рис. 2). В данном случае происходит взаимодействие фронтенда с бэкендом при помощи контроллеров MVC, измененные или добавленные данные моментально сохраняются в базу данных.

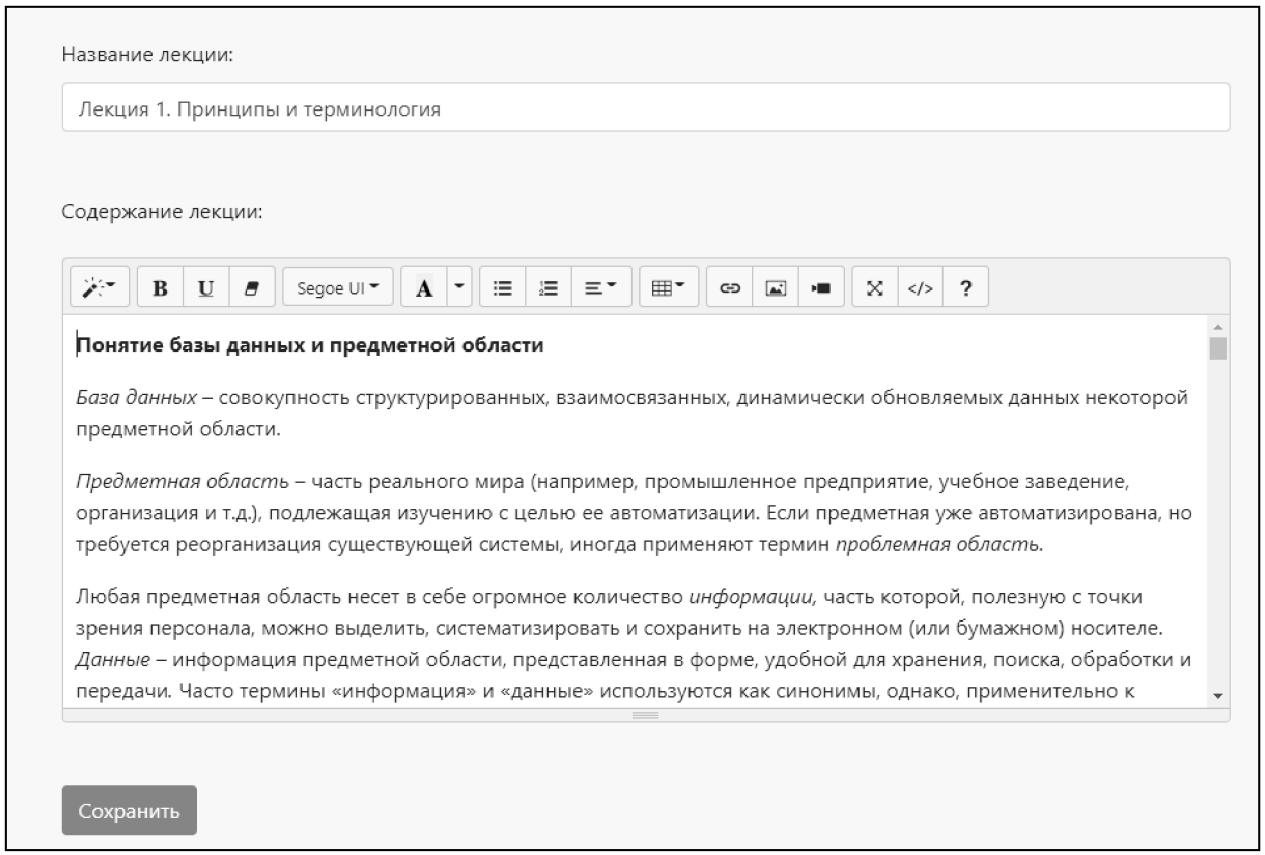


Рис. 2. Пример добавления лекции преподавателем

Необходимо отметить, что текст лекции сохраняется в базе данных в виде HTML-страницы (это необходимо для сохранения форматирования, для возможности отображения таких элементов, как таблицы, формулы и т.д.).

Далее рассмотрим реализацию REST-контроллера (рис. 3). Именно с помощью него происходит взаимодействие мобильного приложения и веб-приложения.

```
@RestController
public class LecturesRestController {

    @Autowired
    private LecturesRepository lecturesRepository;

    @GetMapping(value = "/lectures")
    public List<Lectures> getAllCategories() {
        return lecturesRepository.findAll();
    }
}
```

Рис. 3. REST-контроллер

Данный контроллер позволяет организовать получение данных из таблицы базы данных с лекциями в формате JSON при выполнении GET-запроса к веб-приложению (по ссылке http://learndb.online/lectures).

В мобильном приложении при открытии раздела с лекциями осуществляется получение вышеописанных JSON данных лекций через HTTP Request, затем происходит обработка, данные разбиваются на объекты класса-сущности (JPA). Далее пользователю выводится список с названиями лекций, после выбора нужной лекции пользователя перекидывает на Fragment с текстом лекции, причем текст лекции выводится при помощи такого компонента, как WebView, при этом полностью сохраняется форматирование и прочие возможности HTML.

На данный момент полностью реализован лекционный функционал: преподаватель на веб-сайте может добавить\изменить лекции, пользователь с легкостью может просмотреть их в мобильном приложении. Также полностью реализована система авторизации на веб-сайте: только преподаватель обладает возможностью редактировать контент, отображающийся в мобильном приложении. В мобильном приложении уже успешно работает такая функция, как выполнение запросов к СУБД SQLite в свободном режиме (при каждом запуске раздела с этой функцией создается пустой экземпляр БД, пользователь может добавлять\удалять\изменять таблицы, делать выборки – все результаты мгновенно отображаются в простом и понятном виде).

В ближайшем будущем планируется реализовать систему тестирования знаний и систему автопроверки выполнения заданий открытого типа.

1. Ржеуцкая, С. Ю. Способ автоматического подбора учебно-тренировочных заданий в информационной среде обучения студентов ИТ-направлений / Ржеуцкая С. Ю., Харина М. В. // Открытое образование. – 2020. – Т. 24, № 2. – С. 17–28.

2. Spring по-русски : учебные материалы : [сайт]. – Россия, Санкт-Петербург, 2020. – URL: https://spring-projects.ru/guides/. (дата обращения: 22.10.2020). – Текст: электронный.

3. JavaDevJournal : Building a REST API with Spring : [сайт]. – USA, California, San Francisco, 2020. – URL: https://www.javadevjournal.com/rest-with-spring-series/ (дата обращения: 22.10.2020). – Текст: электронный.

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА WEB-СТРАНИЦ НА ОСНОВЕ ШАБЛОНОВ

Д.Ю. Козин
Научный руководитель ***А.Н. Андреев****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Реклама является неотъемлемым компонентом современного медийного пространства, встречается повсеместно, начиная от традиционных бумажных объявлений, листовок, баннеров и заканчивая различными аудио- и видеоматериалами в средствах массовой информации. Вполне естественным процессом явилось постепенное появление рекламы в информационной среде Интернет. Мигрируя в глобальные сети, реклама попыталась унаследовать принципы её построения из традиционного рекламного арсенала средств воздействия на человека. Незаметное упоминание брендов в кино стало рекламными блоками на сайтах, реклама из радиотрансляций интегрирована в стриминговые сервисы, а различные буклеты и флаеры стали целевыми страницами (landing page).

Одним из преимуществ целевых страниц является возможность их быстрой адаптации под меняющиеся условия (например, изменение заголовка страницы). Для целей редактирования представляется целесообразным использование шаблонизаторов – специальных утилит, позволяющих на основе имеющихся шаблонов и наборов данных генерировать конечные объекты (HTML-страницы, pdf-файлы и другие). Шаблонизация позволяет упростить процесс внесения правок, а также снизить вероятность ошибок при отрисовке HTML-страницы в браузере.

Основными задачами шаблонизации являются:

отделение представления данных от исполняемого кода;

разделение крупных блоков на генерируемой конечной странице на логически несвязанные между собой мелкие компоненты, если подобная декомпозиция возможна;

улучшение читаемости исходного кода программного обеспечения;

создание возможности для параллельной работы групп разработчиков, отвечающих за разные компоненты (например, серверную и клиентскую части).

Подготовка страницы на сервере имеет ряд преимуществ. Генерация страницы всегда происходит по одному сценарию и не зависит от клиентского окружения. Некорректная отрисовка в разных клиентах становится проблемой шаблона, а не механизма шаблонизации. Реализация на стороне сервера также упрощает механизм кеширования.

Изначально кажется вторичным такое требование, как объем занимаемой шаблонизатором памяти на физическом носителе. Однако оно может быть выставлено со стороны бизнес-заказчика ввиду ограничений хостинга. Использование, например, шаблонизатора, занимающего 50 Мб памяти, негативно сказывается при массовом тиражировании целевых страниц.

Перед реализаций алгоритма на языке программирования была реализована логическая архитектура шаблонизатора.

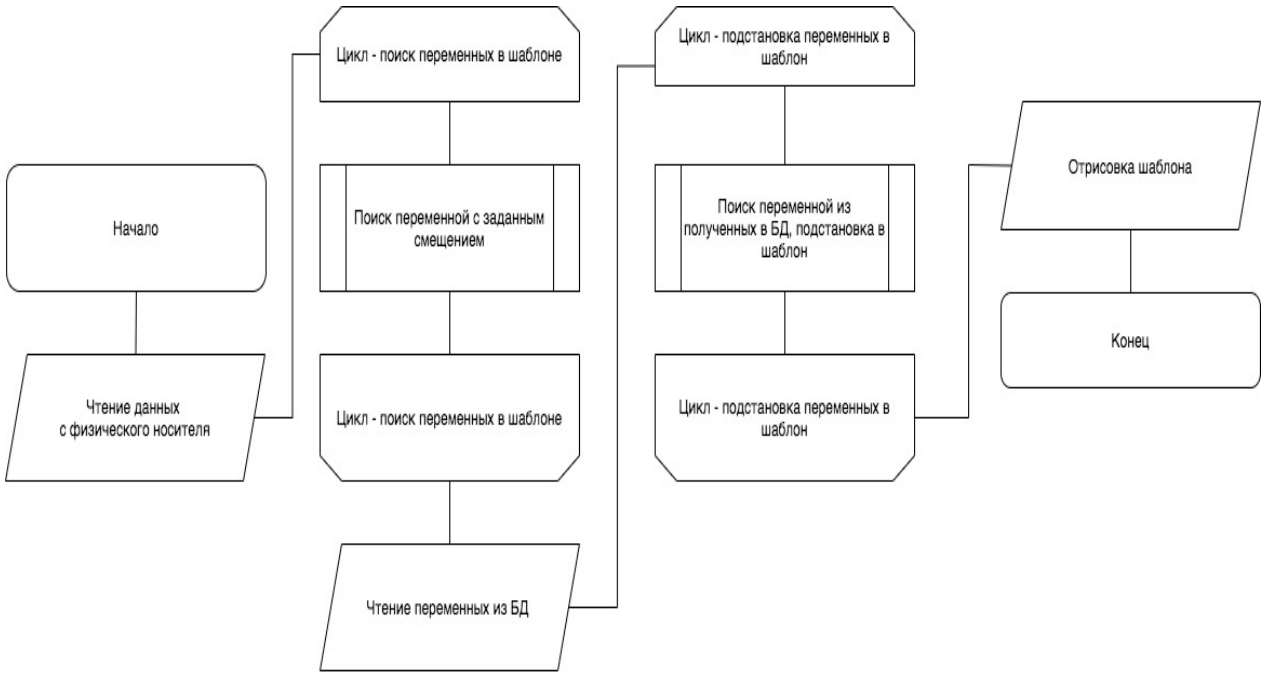


Рис. 1. Блок-схема алгоритма шаблонизации

Использование интерпретируемого языка программирования снижает общую скорость работы системы. Куда более существенным является проблема постоянных обращений к БД и чтение шаблона с диска при каждом обращении к серверу. В качестве решения возможно использование механизма кеширования на стороне сервера и инвалидация сгенерированных конечных страниц при изменении переменных или шаблона.

Первоначальные результаты показали снижение производительности. С применением дополнительного программного обеспечения (кеширование

страниц, отдельный сервис генерации шаблонов) результаты значительно улучшились. На рисунке 2 показаны результаты внедрения системы после реализации механизма кеширования страниц.

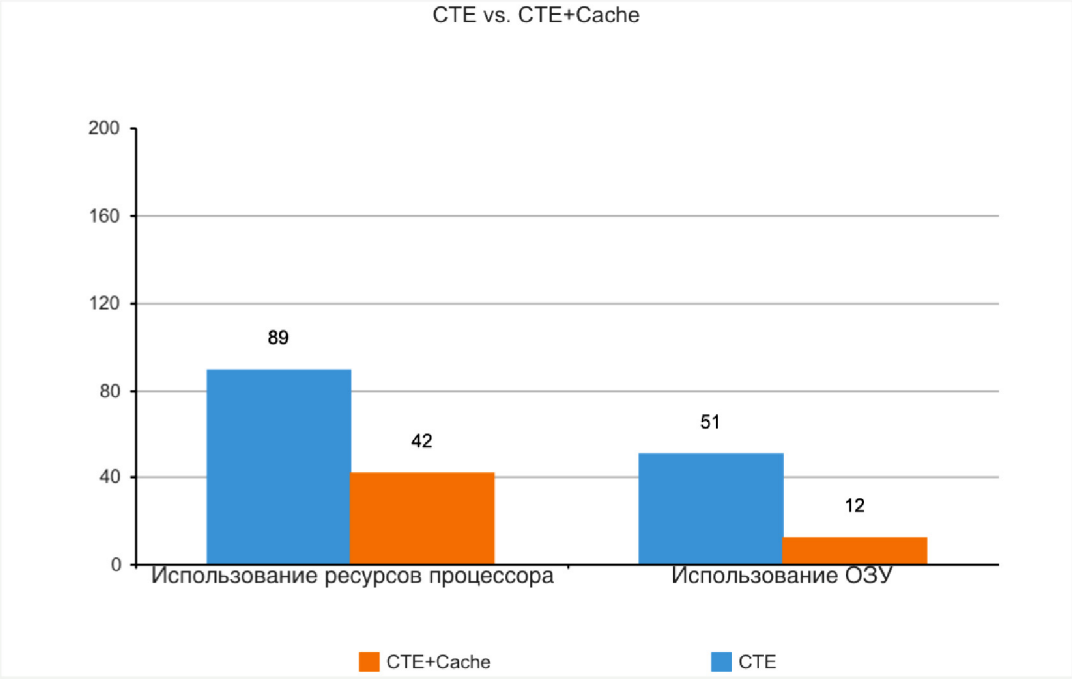


Рис. 2. Нагрузочное тестирование системы после внедрения механизма кеширования страниц

Полученные результаты практически соответствуют по использованию ресурсов процессора результатам до внедрения шаблонизации, по использованию ОЗУ показатели значительно улучшились.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОТ КОМПЛЕКСНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

А.А. Коппалина
Научный руководитель ***Е.Н. Давыдова****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Функционирование типовой организации заключается в постоянной обработке больших объемов информации, их анализе, хранении и принятии на их основе решений [1]. Для автоматизации этих процессов создается информационная система. Под ИС понимается взаимосвязанная совокупность аппаратных и программных средств, информационных технологий и организационного обеспечения, реализующих процессы сбора, анализа, хранения, обработки и передачи информации.

Информационные системы, неважно, созданные для коммерческих или государственных организаций, предполагают обязательную защиту. Перед руководством как маленьких фирм, так и крупных предприятий встает проблема необходимости защитить собственные данные, которыми могут быть важные электронные документы, коммерческие тайны, ценные договоры и т.д. Последствия утечки (хищения или копирования) коммерческих данных, утраты ее целостности сильно ударят по бизнесу владельца информационной системы. Из чего следует, что вопросы информационной безопасности приобретают особую важность и практически вплотную пересекаются с вопросами экономической и промышленной безопасности.

Информационная безопасность имеет огромное значение, так как компьютерные и вычислительные сети подвергаются широкому спектру угроз.

Угрозой безопасности ИС называется событие или действие, которое вызывает нарушение защищенности информации, обрабатывающейся ИС. Для снижения (в идеале – полное предотвращение) реализации угроз проектируются системы защиты информации. Тем самым СЗИ можно обозначить как комплекс организационных и технических мер, направленных на обеспечение информационной безопасности предприятия, предполагая при этом, что главным объектом защиты являются данные, задействованные в функционировании организации [1].

Для того чтобы подобрать СЗИ, необходимо для начала провести анализ ИС, ее структуры и функционирования. Основу ИС составляют распределенные компьютерные сети, узлы которой могут располагаться не только на разных этажах, но и вообще в разных зданиях. В качестве связи выступает транспортная среда: витая пара, оптоволокно и т.п.

Таким образом, ИС состоит из:

- распределенной компьютерной (вычислительной) сети;
- транспортной среды (витая пара, оптоволокно, радиоканал …);
- рабочих станций сотрудников (работающих как стационарно, так и удаленно);
- носителей информации (хотя сейчас их успешно заменяют облачные хранилища);
- непосредственно самих пользователей ИС.

Как говорилось ранее, в процессе функционирования ИС возникают угрозы безопасности информации. Для их предотвращения используются различные методы и средства защиты, в том числе:

- физические и программные средства, работающие в роли препятствия на пути предполагаемого взломщика системы;
- маскировка или изменение данных (зачастую с использованием криптографических средств);

– разработка регламентов, нормативно-правовых актов, законов, прописывающих правила обращения пользователей с информационными данными;
– ограничение физического контакта с объектами ИС;
– резервное копирование наиболее важных данных;
– разделение данных (распределение по разным серверам);
– разграничение доступа к информационным ресурсам и др.

Каждый из методов защиты информации реализуется при помощи различных категорий средств – организационных или технических. К организационным средствам относят разработку внутренней документации (правила работы с ПК и конфиденциальной информацией); проведение инструктажей; разграничение ответственности между сотрудниками; использование ПО, направленного на защиту данных; разработку плана действий на случай утечки информации. К техническим – резервное или удаленное хранение данных; создание возможности перераспределять информационные ресурсы; обеспечение безопасности от внештатных ситуаций, связанных с пожарами или повреждением оборудования водой; установка ПО, защищающего от несанкционированного доступа.

На этапе проектирования СЗИ решается много вопросов. Одним из них является задача совершенствования состава аппаратно-программных средств, которые обеспечивают сохранение ее эффективности на протяжении всего существования ИС. Также на этом этапе проводится анализ возможных угроз информации, с которой работает информационная система. В первую очередь выявляют источники и виды угроз.

И вот здесь в ход вступают модели СЗИ. Их строят специально для исследования информационной безопасности ИС, чтобы до завершения проекта выявить возможные уязвимости системы, обнаружить взаимосвязи, приводящие к выходу угрозы на реальный уровень. Есть различные подходы к построению таких моделей: обобщенные модели; модели, построенные на теории вероятности; модели, построенные на теории сетей Петри; модели, построенные на теории графов; модели, построенные на теории автоматов [1]. Это далеко не полный список, но для начального ознакомления ограничимся этим. Отличаются эти модели параметрами: входными, обрабатывающимися системой и выходными. Иными словами, различие в том, какая информация поступает на вход модели, что рассчитывается в системе и что получается на выходе.

Разберем нескольких моделей из предложенных ранее и выясним их преимущества и недостатки.

Обобщая модель предполагает, что вся совокупность ее параметров в общем случае делится на три вида:

- управляемые параметры (значения создаются СЗИ);

- частично управляемые параметры (СЗИ может оказывать на них влияние);
- параметры внешней среды (СЗИ не может влиять на них).

В целом, обобщенная модель решает поставленные перед ней задачи моделирования системы и процессов защиты информации. Однако для ее использования необходимо знание функциональных зависимостей значений показателей защищенности от всех параметров.

Модель, построенная на теории вероятности, использует в качестве основы вероятность тех или иных событий. Недостатком такой модели является невозможность посчитать временные характеристики процесса реализации угрозы. Из-за того, что на практике трудно получить статические данные, приходится обращаться к экспертной оценке.

Модель, построенная на теории сетей Петри. Модель СЗИ рассматривается как последовательность (предварительно отобранная) элементарных операций, которая в последствии может обернуться реальной атакой. Плюсом такой модели может считаться то, что она рассчитывает вероятность реализации угрозы за заданное время.

Модель, построенная на теории автоматов. Модель основана на использовании вероятностных автоматов, каждый из которых отвечает за реализацию определенного элемента ИС. Процесс реализации угрозы можно проследить по состояниям автоматов. К недостаткам можно отнести сложность аналитического представления функций параметров автомата, сложность вычисления временных характеристик.

Таким образом, исходя из вышесказанного, мое исследование на начальном этапе будет ориентировано на изучение методов и моделей защиты корпоративных информационных систем от комплексных внешних воздействий. Впоследствии, когда будет изучено достаточно материала, а также рассмотрены действующие варианты СЗИ, фокус исследования будет смещен на усовершенствование системы защиты информации путем создания специальной методики оценки защищенности информационных объектов от потенциальных нарушителей.

Практическая ценность исследования будет предположительно заключаться в разработанной методике и её математическом обеспечении, позволяющей провести оценку защищенности информационных объектов, производить на ее основе проектирование СЗИ. Применение данной методики позволит спроектировать меры по защите информационных ресурсов типовой организации.

1. Арьков, П. А. Разработка комплекса моделей для выбора оптимальной системы защиты информации в информационной системе организации : специальность 05.13.19 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Арьков Павел Алексеевич. – Волгоград, 2009. – 185 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЯДРА ЧЕРЧИНЬЯНИ–ЛЕМПИС

М.И. Коробейников
Научный руководитель ***Г.В. Заручевская****, канд. техн. наук, доцент*
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
г. Архангельск

На протяжении последних десятилетий с ростом новых технологий в мире наблюдается всеобщая тенденция к уменьшению размеров используемых устройств и оборудования, позволяющих работать с наноструктурированными материалами. Большое развитие получили высокопроизводительные технологии, что позволяет быстрее и качественнее работать с большими объемами информации. Довольно часто такие технологии находят применение в наукоемких прикладных задачах. Одной из них является задача моделирования течения разреженных газов в тонких каналах. Задачи такого рода не имеют простых аналитических решений, поэтому возникает необходимость использования численных методов. Исходя из того, что задачи являются вычислительно сложными и сопряжены с обработкой больших объемов информации, целесообразно применение высокопроизводительных вычислений. В настоящей работе раскрыто применение методов численного интегрирования для расчета скорости отражения молекул газа в тонких каналах через ядро рассеяния Черчиньяни–Лемпис.

Чтобы рассчитать ядро рассеяния, необходимо построить некую физическую модель рассеяния газовых молекул поверхностью. Впервые такая модель была предложена Максвеллом, согласно которой доля молекул ε, падающих на поверхность, приходит в равновесие с поверхностью и затем испускается диффузно, тогда как остальная часть отражается от поверхности зеркально, не изменив величины скорости [1].

К. Черчиньяни и М. Лемпис предложили новую, более гибкую и реалистичную модель (CL), которая также удовлетворяет принципу взаимности и является усовершенствованием максвелловской модели. Модель основана на введении двух параметров, которые представляют собой коэффициент аккомодации $\sigma_n = \sigma_{En}$ по кинетической энергии, связанной с нормальной компонентой скорости, и коэффициент аккомодации касательной компоненты импульса σ_τ [2].

В модели CL ядро рассеяния для нормальной к поверхности компоненты скорости имеет вид

$$K(\xi_{ni} \to \xi_{nr}) = \frac{2\xi_{nr}}{\sigma_n} I_0\left(2\sqrt{1-\sigma_n}\frac{|\xi_{ni}|\xi_{nr}}{\sigma_n}\right) exp\left[-\frac{\xi_{nr}^2 + (1-\sigma_n)\xi_{ni}^2}{\sigma_n}\right],$$

$$I_0(x) = (2\pi)^{-1} \int_0^{2\pi} \exp(x\,cos\varphi)\,d\varphi\,,$$

здесь I_0 – функция Бесселя первого рода;

ξ_{ni}, ξ_{nr} – нормальная к поверхности компонента скорости для падающей и отраженной молекул, отнесенная к $h_w^{-1/2}$ [2].

Ядро расеяния Черчиньяни–Лемпис удовлетворяет всем основным условиям. В отличии от ядер Максвела и Эпштейна, является более точной моделью рассеяния газовых молекул поверхностью.

В настоящее время задача такого рода является вычислительно сложной и не имеет простых аналитических решений, поэтому возникает необходимость в использовании численных методов. В связи с этим возникла необходимость разработать приложение с использованием параллельных методов численного интегрирования.

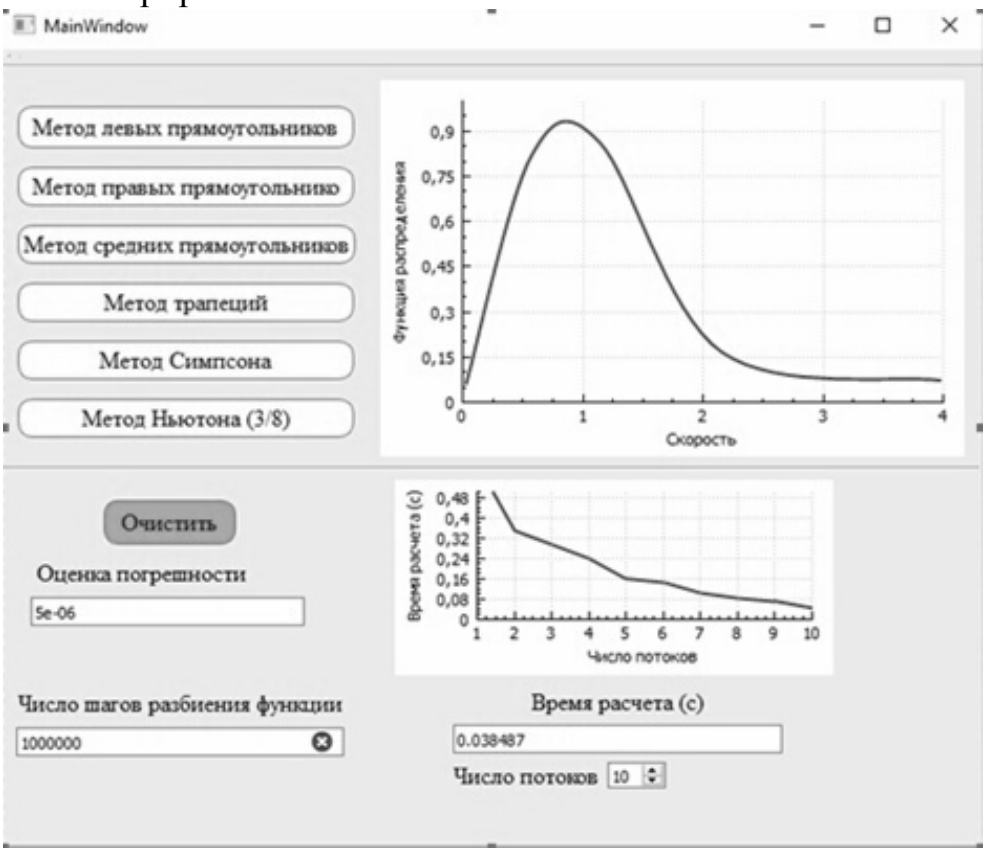


Рис. Программный интерфейс

Для вычисления скорости отражения молекул разреженного газа на зеркально гладких поверхностях ядра Черчиньяни–Лемпис в задачах зеркального отражения скорости молекул газа в тонких каналах, разработана программа, интерфейс которой представлен на рисунке, осуществляющая вычисления с использованием методов левых прямоугольников, правых прямоугольников, средних прямоугольников, трапеций, Симпсона, Ньютона (3/8). Для разработ-

ки был использован открытый стандарт параллельного программирования OpenMP на основе высокоуровнего языка программирования C++. Проанализировав существующие среды разработки с возможностью применения технологий параллельного программирования, было принято решение использовать бесплатную версию кроссплатформенного инструментария Qt.

Для сравнения времени вычисления при различном числе разбиения функции, были произведены замеры при последовательном и параллельном запуске программы, результаты которых приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 1

Время выполнения последовательной программы

Количество шагов разбиения функции	Время вычисления, мс
100 000	12
500 000	61
1 000 000	113
5 000 000	508
10 000 000	1307

Для сравнения эффективности и ускорения работы программы были произведены запуски на 2, 4, 6, 8 и 10 потоках.

Таблица 2

Время выполнения параллельной программы

Количество шагов разбиения функции	Время вычислений, мс, при количестве потоков				
	2	4	6	8	10
100 000	8	6	5	4	4
500 000	29	24	18	14	15
1 000 000	52	42	33	30	28
5 000 000	268	211	174	159	155
10 000 000	512	382	306	287	282

Основываясь на табличных данных, можно сделать вывод, что для вычисления данной задачи достаточно использовать 8 потоков. Согласно закону Амдала увеличение числа потоков вносит задержки в вычисления, которые создаются за счет создания новых потоков. Поэтому при использовании более 8 потоков происходит снижение производительности.

Использование разработанного приложения дает возможность быстро получить точные данные о скорости отражения молекул газа и его температурного возмущения благодаря применению параллельных методов численного интегрирования для расчета ядра рассеяния Черчиньяни–Лемпис.

1. Сажин, О. В. Программный комплекс для тестирования способа моделирования рассеяния газовых молекул поверхностью / О. В. Сажин, А. Н. Кулев // Математическое моделирование. – 2006. – № 12 (18). – С. 107–114.

2. Мьинт, З. М. Компьютерное моделирование аэродинамики воздушно-космических аппаратов с учётом особенностей взаимодействия молекулярных потоков с поверхностью : специальность 05.13.18 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Зея Мьо Мьинт. – Москва, 2011. – 19 с.

3. Гергель, В. П. Теория и практика параллельных вычислений : учебное пособие / В. П. Гергель. – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2016. –500 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

А.С. Крымов

Научный руководитель ***Д.В. Кочкин****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В настоящее время дистанционное обучение набирает большую популярность, что стало особенно актуально в связи с пандемией коронавируса. Главными достоинствами дистанционного обучения являются меньшая цена, меньшее время обучения, одновременное обучение большего числа человек и постоянный доступ к материалу [1].

Есть множества технологий дистанционного обучения, такие какие занятия с использованием видеоконференций, видеокурсы, онлайн-курсы и другие. Информация, предоставляемая таким образом, постепенно устаревает. Для некоторых информационных технологий актуальность информации теряется уже через год.

Данную проблему можно решить путём создания автоматизированной системы, которая будет предоставлять информацию для обучения по заданной теме. При это система должна как-то оценивать информацию и выбирать наиболее подходящую или выбор из наиболее подходящих.

Для поиска информации для системы нужно определить её источники и способы извлечения этой информации. В качестве источников можно использовать такие сайты, как Хабр (habr.com), Интуит (intuit.ru) и другие.

При определении ценности информации стоит учитывать рейтинг информации на источнике (чаще всего рейтинг пользователей источника, если таковой имеется), полезность текста, которую можно получить разными способами, например с помощью статического анализа текста или использования

нейронных сетей. Информация будет тем ценнее, чем она будет более короткой и полной с точки зрения полезной нагрузки. По мере использования системы можно настроить сбор оценок информации от пользователей и учитывать ещё и её [2].

Систему можно использовать только для поиска информации по интересующим темам, но темы нужно определять вручную. Есть множество способов представить темы, например в виде списка, пример части которого предоставлен на рисунке 1, или в виде схемы, пример части которой предоставлен на рисунке 2.

При определении тем их объединяют в группы или области: некоторые темы делают обязательными, некоторые дополнительными, для некоторых делают выбор обязательной из нескольких, оставляя остальными дополнительными.

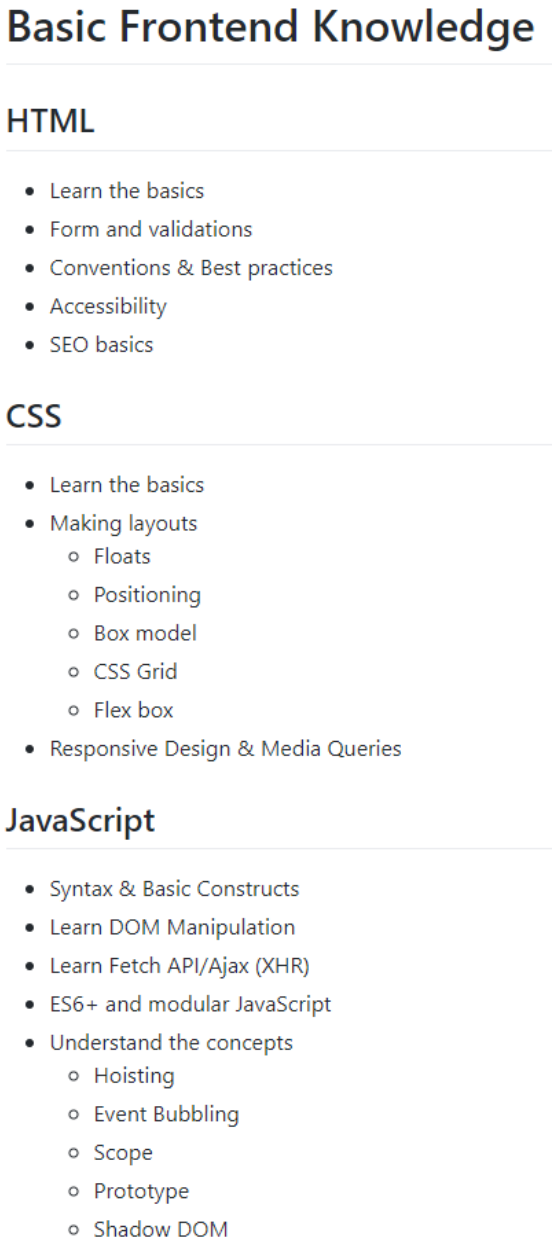


Рис. 1. Способ представления тем в виде списка

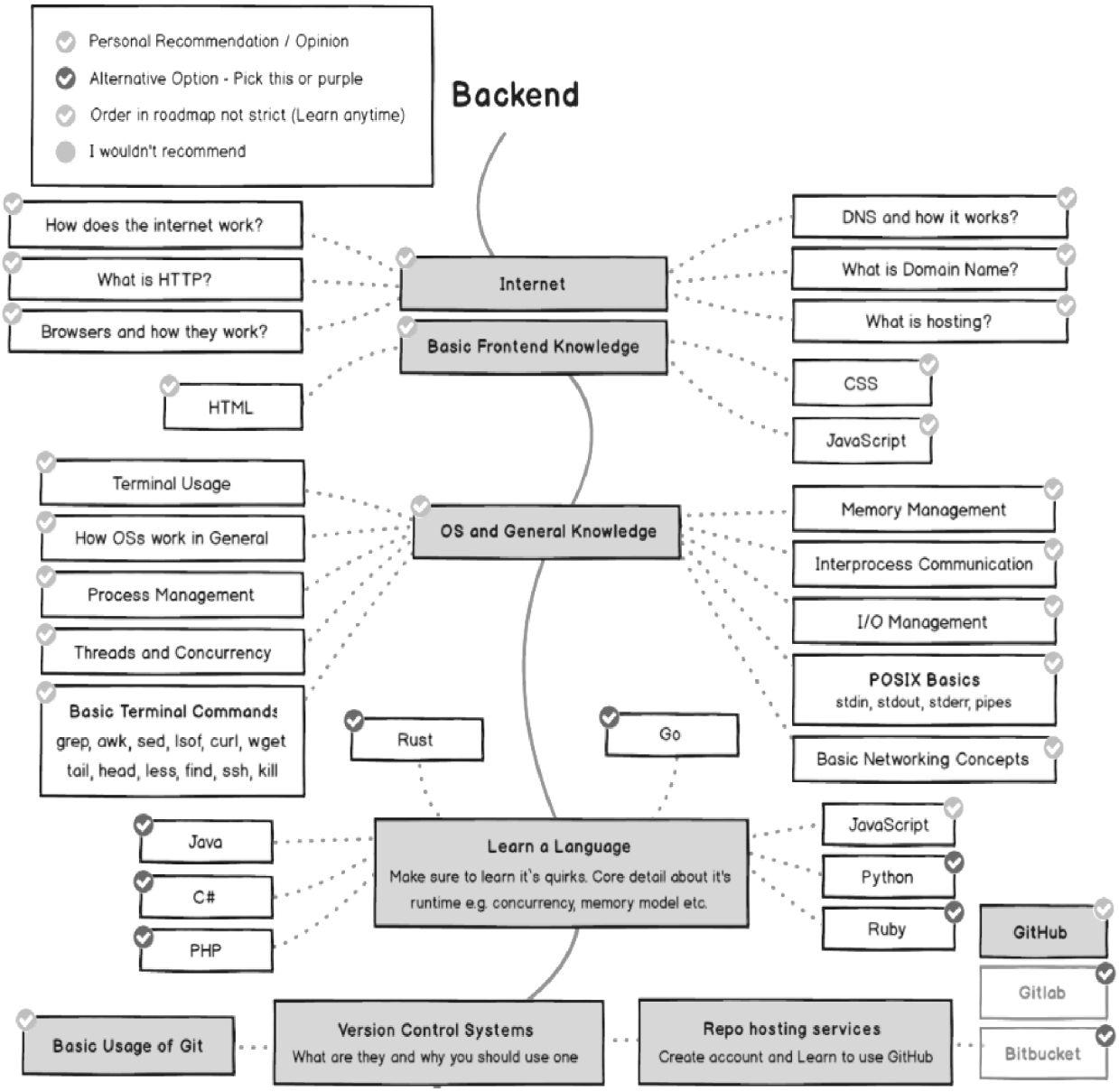


Рис. 2. Способ представления тем в виде схемы

Так как пользователю системы обычно не нужно изучения всех областей информационных технологий, то следует определённым образом, например в виде теста, определить темы и направления, которые следует изучить пользователю, при этом дав возможность корректировать, так как точность способа определения тем не абсолютна.

Для контроля прогресса в изучении тем требуется ведение профиля пользователя. Таким образом получается, что система состоит из четырёх функциональных подсистем: подсистемы поиска информации, подсистемы анализа информации, подсистемы для работы с темами и подсистемы ведения профиля. Архитектура представлена на рисунке 3.

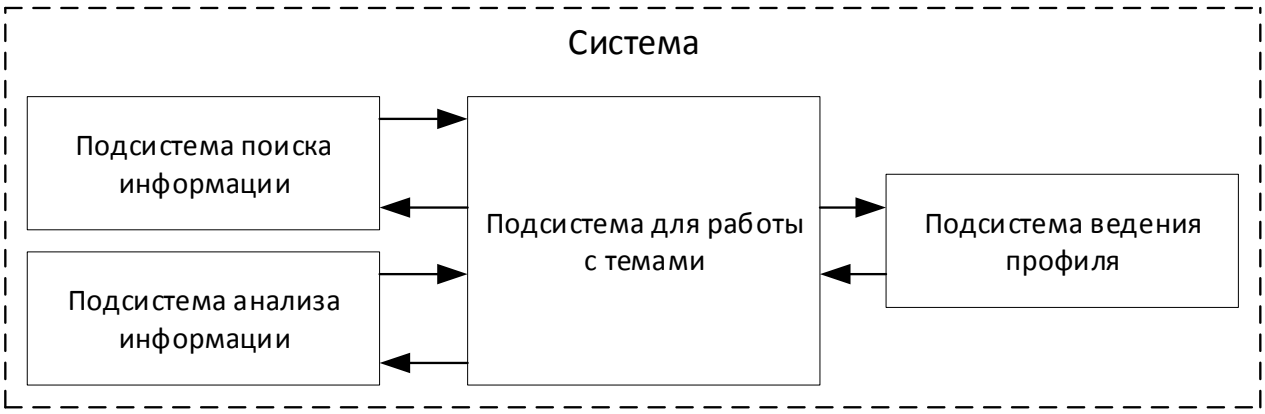


Рис. 3. Архитектура приложения

Систему стоит реализовывать с учётом возможности обучения на разных устройствах, для чего хорошо подходит создание веб-приложения.

В ходе исследования была сформирована проблема устаревания информации при дистанционном обучении информационных технологий и предложено решение данной проблемы.

1. Дистанционное обучение : Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Текст : электронный // Википедия, свободная энциклопедия. – Сан-Франциско : Фонд Викимедиа, 2020. – URL: https://ru.wikipedia.org/?curid= 44298&oldid=109426946 (дата обращения 25.10.2020).

2. Ценность информации : Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Текст : электронный // Википедия, свободная энциклопедия. – Сан-Франциско : Фонд Викимедиа, 2020. – URL : https://ru.wikipedia.org/?curid=5152478&oldid=107012922 (дата обращения 25.10.2020).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ НАГРЕВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

М.Н. Кузьмина
Научный руководитель ***С.В. Карпушкин****, д-р техн. наук, профессор*
Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов

Элементами систем нагрева гидравлических прессов, используемых для реализации процессов обработки резинотехнических изделий (РТИ), древесноволокнистых плит, композиционных материалов и изделий из пластмасс методом горячего прессования, являются нагревательные плиты и размещенные в них нагреватели, пресс-формы для размещения обрабатываемых изделий и плиты теплоизоляции, отделяющие нагревательные плиты от опорных элементов конструкции (стол, рама или траверса).

Задача определения параметров системы нагрева гидравлического пресса формулируется следующим образом: выбрать тип, определить число, мощно-

сти нагревателей, их конфигурации и расположение в объеме плиты, определить положение обрабатываемых изделий на рабочей поверхности нагревательной плиты, выбрать материал и толщину плит теплоизоляции, обеспечивающие выполнение всех технологических и конструкционных ограничений [1] и минимум суммы капитальных и эксплуатационных затрат на систему. Решение этой задачи с учетом необходимости формирования и анализа температурных полей элементов системы нагрева требует значительных вычислительных ресурсов и больших затрат времени. Поэтому предлагается декомпозировать ее на три локальные задачи:

- задачу А1 выбора способа нагрева и определения конструкции нагревательной плиты: выбор типа ($t_н$) и числа ($n_н$), определение мощности нагревателей ($\mathbf{Q}_н$), их конфигураций и расположения в объеме плиты ($\mathbf{X}_н$), обеспечивающих минимум суммы амортизации стоимости плиты ($S_п$) и стоимости энергии ($E_п$), затраченной на обработку каких-либо изделий за период их выпуска;

- задачу А2 размещения обрабатываемых изделий на рабочей поверхности нагревательной плиты с учетом способа регулирования ее температуры: определение координат ($x_{иj}$, $y_{иj}$, $j = 1,\ldots,n_и$) центра (или какой-либо другой точки) проекции каждого изделия (пресс-формы с изделием) на рабочую поверхность нагревательной плиты, минимизирующих перепад температур по партии изделий в нестационарном режиме их обработки;

- задачу А3 выбора материалов ($\mathbf{M}_{из}$) и определения значений толщин ($\mathbf{H}_{из}$) каждой из $n_{из}$ плит теплоизоляции, обеспечивающие минимум амортизации стоимости пакета $S_{из}$ за период, для которого решается задача А1.

Задачи А1, А2 и А3 можно представить в следующей форме:

$$\text{A1}: tz \cup I2^0 \cup I3^0 \xrightarrow{MM1, IM1} I1,$$

$$\text{A2}: tz \cup I1 \xrightarrow{MM2, IM2} I2,$$

$$\text{A3}: tz \cup I1 \xrightarrow{MM3, IM3} I3,$$

где tz – техническое задание на проектирование пресса;

$I1$ – результаты решения задачи А1: тип, число и мощности нагревательных элементов плиты пресса, их конфигурации и местоположение, температурное поле плиты по окончании периодов нагрева и стабилизации, перепады температур по рабочей поверхности плиты;

$I2$ – результаты решения задачи А2: перепад температур по партии изделий в стационарном режиме их обработки, параметры стабилизации температур рабочих поверхностей плит;

$I3$ – результаты решения задачи А3: средние температуры внешних поверхностей плит теплоизоляции; $I2^0$ – информация о проблемах обеспечения заданной температуры изделий в процессе обработки (недостаточные продолжительности периодов нагрева и стабилизации, слишком большие перепады температур по объему некоторых изделий);

$I3^0$ – проблемы элементов теплоизоляции (слишком большая толщина, повышенная температура внешних поверхностей);

*MM*1, *MM*2, *MM*3 – математические модели тепловых процессов в нагревательной плите [1], в изделиях (пресс-формах с изделиями) в период их обработки с учетом способа стабилизации температуры нагревательных плит [2] и в плитах теплоизоляции [3] соответственно;

*IM*1, *IM*2, *IM*3 – соответствующие информационные модели.

Обозначим множество исходных данных для каждой из задач $X \subset XV$, а множество результатов решения – $Y \subset YV$, где *XV* и *YV* – множества допустимых значений *X* и *Y*. В свою очередь, $XV \subset DX$ и $YV \subset DY$, где *DX*, *DY* – множества (интервалы) возможных значений *X* и *Y*. Например, указание на материал плиты входит в исходные данные (*X*), множество *XV* – это перечень марок сталей, удовлетворяющих требованиям технического задания, а *DX* представляет собой множество всех марок сталей, используемых в элементах прессов. Следовательно, любая из информационных моделей *IM*1, *IM*2, *IM*3 представляет собой кортеж:

$$IM = <X, Y, DX, DY, IZ>,$$

где *IZ* – дополнительная информация, необходимая для решения задачи.

Заметим, что *X* и *Y* – не исходные данные, а только перечень исходных данных (структура). Информация вносится в *X* и *Y* в процессе решения конкретной задачи. Множества *DX*, *DY*, *IZ*, в отличие от *X* и *Y*, содержат как структуру, так и собственно информацию, которая вводится до решения задач, а точнее, может вводиться и уточняться постоянно (процесс поддержки информационного обеспечения). В качестве примера информационной модели рассмотрим модель *IM*1.

В перечень исходных данных, необходимых для решения задачи А1, входит следующая информация.

1. Подмножество технического задания на проектирование пресса

$$tz_1 = \{l, s, h, h_к, \Delta p, \delta_н, Q_п, T_z, \tau_z, \Delta T_п, T_d, T_u, \Delta\tau_р\} \subset tz,$$

где l, s, h, $h_к$ – длина, ширина, высота и высота крышки плиты (м);

Δp, $\delta_н$ – ширина краев, не входящих в рабочую поверхность и минимальное расстояние между пазами под нагреватели и паровыми каналами (м);

$Q_п$ – мощность плиты (Вт);

T_z, $\Delta T_п$, T_d, T_u – рабочая температура, допустимый перепад температур по рабочей поверхности плиты по окончании периода нагрева и в период стабилизации, нижний и верхний пороги срабатывания позиционного регулятора (^oC);

τ_z, $\Delta\tau_р$ – требуемый темп нагрева плиты от начальной до рабочей температуры и минимальный период обновления управляющего сигнала П, ПИ или ПИД регулятора температуры (с).

Элементы подмножества tz_1 являются интервальными, например $s_{\min} < s < s_{\max}$, где $s_{\min}$, $s_{\max}$ – минимальное и максимальное возможные значения s. Обозначим интервал $[s_{\min}, s_{\max}]$, как $[s]$, тогда

$$Dtz1 = \{[l], [s], [h], [h_к], [\Delta p], [\delta_н], [Q_п], [T_z], [\tau_z], [\Delta T_п], [T_d], [T_u], [\Delta\tau_р]\}.$$

2. Множество характеристик материала плиты

$$hp = \{m_п, \rho, c, \lambda\},$$

где $m_п$ – марка материала (обозначение стали или сплава),

$\rho_п$ – плотность материала плиты (кг/м^3),

$c_п$ – его удельная теплоемкость (Дж/кг/К),

$\lambda_п$ – коэффициент его теплопроводности (Вт/м/К).

Учитывая интервальный характер элементов множества hp, представим множество значений характеристик материала плиты как

$$Dhp = \{M, [\rho], [c], [\lambda]\},$$

где $M = \{m_{пk1}, k1=1,...,K1\}$ – множество марок ферромагнитных сталей, используемых для изготовления нагревательных плит прессов.

3. Множество характеристик нагревателей

$$hn = \{m_н, d_н, s_{из}, U_н, P, f_k, l_н, s_н,\},$$

где $m_н$ – материал провода индукторов или омических спиралей (обозначение материала или сплава);

$d_н$, $s_{из}$ – диаметр провода и толщина его изоляции (м);

$U_н$ – рабочее напряжение индукторов, омических спиралей (В);

P – рабочее давление греющего пара (Па),

f_k – указатель расположения паровых каналов (перпендикулярно или параллельно длине плиты),

$l_н$, $s_н$ – длина и ширина типовых индукторов (м).

Множество возможных значений характеристик нагревателей

$$Dhn = \{MS_н, DH, [s_{из}], [U_н], [P], FK, LH, SH\},$$

где $MS_н = \{m_{нk2}, k2=1,...,K2\}$ – множество марок материалов, используемых для изготовления провода индукционных или омических нагревателей;

$DH=\{dh_{k3}, k3=1,\ldots,K3\}$ – множество возможных диаметров провода;

$FK =\{f k_{k4}, k4=1,\ldots,K4\}$ – множество возможных форм паровых каналов;

$LH =\{lн_{k5}, k5=1,\ldots,K5\}$, $SH =\{sн_{k6}, k6=1,\ldots,K6\}$ – множество возможных значений длины и ширины типовых индукторов.

Множество результатов решения задачи **A1**:

$$R1 = \{v_н, n_н, Q_н, \Delta L, XY_н, 2D, T_р, \Delta T_р, \tau_р, E_п\},$$

где $v_н$ – указатель вида нагрева (паровой, омический, индукционный);

$n_н$, $Q_н = \{Q_{нi}, i = 1,...,n_н\}$ – число нагревателей и их мощности (Вт);

$\Delta L = \{\Delta l_i, i = 1,...,n_н - 1\}$ – расстояния между осями паровых каналов;

$XY_н = \{xc_{нi}, yc_{нi}, i = 1,...,n_н\}$ – координаты центров симметрии индукторов на рабочей поверхности плиты (м);

2D – 2D-модели пазов под омические спирали;

$T_р$, $\Delta T_р$ – средняя температура рабочей поверхности плиты и перепад температур по ней по окончании периода нагрева и в период стабилизации (^oC);

$\tau_р$ – продолжительность периода разогрева плиты (с);

$E_п$ – суммарная энергоемкость плиты (Дж) в период ее разогрева и стабилизации температуры.

Множество возможных значений результатов

$$DR1 = \{[v_н],\ [n_н],\ [T_р], [\tau_р], [\Delta T_р], [E_п], [Q_н], [\Delta L], [xc_н], [yc_н]\}.$$

Таким образом, информационная модель выбора способа нагрева и определения конструкции нагревательной плиты имеет вид:

$$IM1 = <tz_1, hp, hn, R1, Dtz1, Dhp, Dhn, DR1>.$$

В качестве хранилища информационных моделей используется реляционная база данных, структура которой определена в результате анализа элементов информационных моделей. Типы характеристик элементов системы нагрева пресса: 1 – число, например толщина плиты; 2 – вектор, например совокупность параметров паза нагревателя или парового канала; 3 – двумерная матрица, например координаты расположения нагревателей; 4 – трехмерная матрица, например температурное поле нагревательной плиты. Типы доменов характеристик: 1 – интервал, например значение толщины плиты берется из интервала $[s_{min}, s_{max}]$; 2 – вектор, например множество марок ферромагнитных сталей, пригодных для изготовления нагревательных плит; 3 – двумерная матрица, например зависимости свойств материалов от температуры (значение температуры и соответствующее значение плотности, теплоемкости, коэффициента теплопроводности).

1. Малыгин, Е. Н. Методика технологических расчетов систем нагрева прессового оборудования / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, К. С. Корнилов // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 502–517.

2. Глебов, А. О. Моделирование индукционного нагрева прессового оборудования в режиме автоматического регулирования температуры / А. О. Глебов, С. В. Карпов, С. В. Карпушкин, Е. Н. Малыгин // Инженерно-физический журнал. – 2019. – Т. 95, № 5. – С. 2168–2179.

3. Карпушкин, С. В. Моделирование влияния теплоизоляции на температуру элементов конструкции гидравлического пресса / С. В. Карпушкин, А. О. Глебов, А. В. Коняхин // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-29 : сборник трудов XXIX международной научной конференции. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ). – 2016. – Т. 3. – С. 73–75.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПНЕВМОНИИ

А.Е. Кузьминых
Научный руководитель ***С.Ю. Ржеуцкая****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Современная медицина сейчас всё чаще использует информационные технологии для диагностики и лечения различных заболеваний.

Согласно статистике, каждый год в России с диагнозом «пневмония» госпитализируют около 500 тысяч человек, причем около 20 тысяч из них умирает от этой болезни.

Распознать пневмонию на рентгеновских снимках довольно сложно, поскольку поражения легких часто имеют смутные очертания, иногда очень похожие на другие заболевания. Поэтому рентгенолог должен иметь высокую квалификацию, чтобы диагностировать пневмонию. По нынешним нормативам проведение и описание одного исследования рентгенологом может занимать до 90 минут и более. Из-за большого потока пациентов у врачей нет времени и возможности разделить данный поток по приоритету. Одной из самых распространённых ошибок, которая может возникать при диагностике на основе анализа рентгеновских снимков, является ошибка «удовлетворения поиска»: обнаружив один след проявления заболевания на снимке, радиолог может не заметить остальные. Отсутствие возможности контроля качества посредством технологии и аудита является основной проблемой современной радиологии. Поэтому методы машинного обучения и автоматизация процесса проведения исследований помогут быстро и эффективно анализировать медицинские изображения.

Разработка выполняется по просьбе вологодских врачей-пульмонологов. Предполагается использование данной системы в качестве дополнительного вспомогательного средства при постановке диагноза, окончательное решение остается за врачом. На сегодняшний день вологодские больницы не располагают подобным программным обеспечением, вследствие чего снимки расшифровываются вручную. Данную разработку планируется распространять на бесплатной основе путем предоставления кода на GitHub – крупнейший вебсервис для хостинга IT-проектов.

Объект исследования: процесс определения пневмонии легких по рентгеновским снимкам.

Предмет исследования: автоматическое определение пневмонии легких путем классификации.

Цель проекта: исследование и разработка программного обеспечения для распознавания пневмонии легких на основе рентгеновских снимков для повышения достоверности поставленного диагноза.

Разрабатываемая система представляет собой два приложения.

Первое обучает нейронную сеть на основе изображений рентгеновских снимков. Структура приложения представлена на рисунке 1.

Рис. 1. Приложение, обучающее нейронную сеть

Приложение, обучающее нейронную сеть, состоит из следующих компонентов:

1. Изображения для обучения модели (обучающая выборка) – изображения, на которых обучается свёрточная нейронная сеть. Здесь находятся снимки как здоровых легких, так и легких с различного рода пневмонией.

2. Изображения для тестирования модели (экзаменационная выборка) – изображения, в которых также присутствуют как легкие с пневмонией, так и без нее. Данные изображения необходимы для проверки точности уже обученной нейронной сети.

3. Обучение и тестирование модели – программный код, в котором содержится алгоритм обучения свёрточной нейронной сети.

4. Обученная модель. После успешного прохождения обучения, модель сохраняется внешним файлом для последующего использования.

Вторым приложением является web-приложение для распознавания пневмонии легких по рентгеновским снимкам. Структура приложения представлена на рисунке 2.

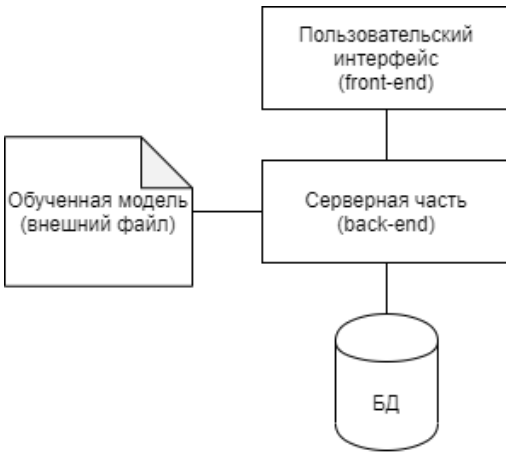


Рис. 2. Web-приложение

Данное web-приложение содержит следующие компоненты:

1. Пользовательский интерфейс – часть системы, с помощью которого пользователь (рентгенолог/врач) вводит свои данные (логин и пароль) для авторизации, где может добавлять и просматривать информацию о пациентах, а также загружать рентгеновские снимки для проведения исследований по распознаванию пневмонии.

2. Серверная часть – часть системы, в которой осуществляется доступ к БД и логика распознавания снимка по обученной модели.

3. БД, которая содержит в себе информацию о пациентах и данных, необходимых для авторизации пользователя [1].

4. Обученная модель – модель, созданная приложением для обучения нейронной сети.

Инструменты и технологии:

1) TensorFlow [2] – открытая программная библиотека для машинного обучения, разработанная компанией Google для решения задач построения и тренировки нейронной сети с целью автоматического нахождения и классификации образов, достигая качества человеческого восприятия.

2) Keras [3] – открытая нейросетевая библиотека, написанная на языке Python.

3) Django – свободный фреймворк для веб-приложений на языке Python, использующий шаблон проектирования MVC.

В качестве среды разработки была использована IDE PyCharm. PyCharm – интегрированная среда разработки для языка программирования Python. Предоставляет средства для анализа кода, графический отладчик, инструмент для запуска юнит-тестов и поддерживает веб-разработку на Django.

На текущий момент реализован CNN алгоритм, который обучает нейронную сеть и создает модель, а также часть web-приложения, через которое можно загружать снимки и отправлять на сервер.

CNN алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Свертка. Матрица, содержащая веса, «исследует» исходное изображение путём выделения подматрицы своего размера и выделения определённых признаков.

2. В структуре CNN – прохождение выхода операции свертки через нелинейную активационную функцию. Речь идет о некотором подвиде ReLU, который обеспечивает известное нелинейное поведение этой нейронной сети.

3. Пулинг – другой тип техники скользящего окна, где вместо применения обучаемых весов используется статистическая функция некоторого типа по содержимому этого окна. Наиболее частый тип пулинга – *max pooling*, который применяет функцию *max()* [4].

4. Уплощение – преобразование матрицы в линейный массив.

5. Компиляция CNN модели.

6. Обучение модели. Предварительное обучение нейронной сети. Данные для обучения были взяты с сайта kaggle, где предоставлено более 5 тысяч рентгеновских снимков, подразделяемых на снимки патологий с выставленным диагнозом и здоровые легкие. 25 % снимков, отобранных случайным образом, были использованы в качестве экзаменационной выборки для оценки точности классификации.

7. Сохранение модели на диск.

В процессе проведённого вычислительного эксперимента была выполнена оценка точности выставленных диагнозов в зависимости от размера обучающей выборки

График зависимости представлен на рисунке 3.

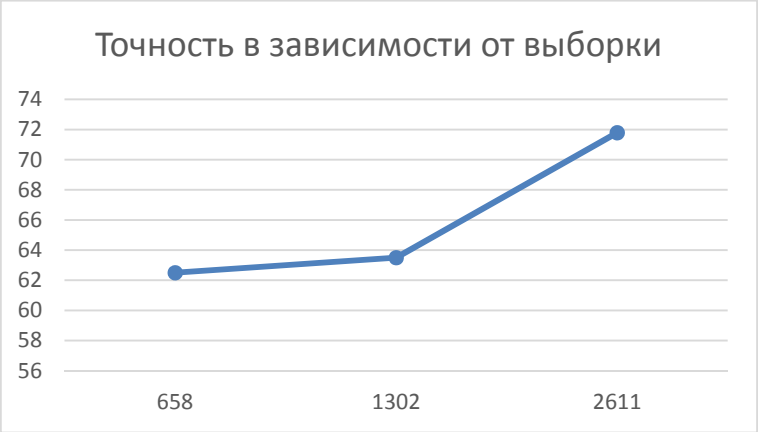


Рис. 3. График зависимости

На стороне клиента реализован пользовательский интерфейс, в котором представлены две кнопки. Первая отвечает за загрузку снимка с локальной машины. Вторая отвечает за отправку изображения на сервер.

На стороне сервера реализован обработка REST-запроса – отправка изображения, в котором, используя уже созданную алгоритмом CNN модель, происходит классификация снимка на здоровые легкие или легкие с пневмонией.

1. Андрианов, И. А. Базы данных. Программирование и администрирование : учебное пособие / Андрианов, И. А., Ржеуцкая, С. Ю. – Вологда : ВоГУ, 2018. – 71 с.

2. TensorFlow. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/TensorFlow (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

3. Keras. – URL: https://habr.com/ru/post/500998/ (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

4. Применение нейросетей. – URL: https://habr.com/ru/post/74326/ (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

АССОЦИАТИВНАЯ СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ МЕЖДУ ПРОГРАММАМИ «ВЕРТИКАЛЬ» И «КОМПАС-3D»

Н.К. Лебедева
Научный руководитель ***О.Н. Калачев****, канд. техн. наук, доцент*
Ярославский государственный технический университет
г. Ярославль

1. При технологическом проектировании в «Вертикаль» целесообразно комплексно использовать возможности «Компас-3D» в части связывания размеров заготовки с размерными параметрами текста технологического перехода. Это открывает новые возможности проектирования ТП, в частности, на основе имеющихся аналогов. В данной работе исследуются инструментальные возможности двух продуктов «Аскон» для практического решения задачи. В рекомендуемом режиме работы системы Вертикаль должна получать конструкторскую информацию об изделиях (трехмерные модели, чертежи) из системы твердотельного моделирования «Компас-3D». Кроме того, в «Компас-3D» разрабатываются операционные эскизы и другие графические документы [1].

В отдельном окне «Вертикаль» отображается 3D-модель, на которую разрабатывается технология, или чертеж детали. При этом технологу доступен функционал по работе с графическими данными непосредственно в самой технологической системе [2]. Как известно, чертежи сложных деталей содержат большое количество различных параметров (размеров, шероховатостей, допусков формы и расположения и пр.). На основе интеграции «Вертикаль» и «Компас-3D» технолог имеет возможность автоматически перенести значение любого параметра из чертежа или из эскиза в текст техпроцесса.

На ранее созданном технологическом процессе рассмотрим пример прямой ассоциативной связи параметров в тексте перехода программы Вертикаль на чертеже и 3D-модели программы «Компас-3D».

2. Прямая связь осуществляется за счет редактирования параметров в тексте перехода существующего технологического процесса. Изменение параметров в тексте перехода программы Вертикаль приводит к изменению соответствующих параметров на чертеже «Компас-3D», добавленном в систему «Вертикаль» (рис. 1).

Внесенные изменения в тексте перехода подтверждаются командой «Обновить параметр», следовательно, на чертеже будут изменены текстовые параметры и перестроится геометрия чертежа (рис. 2).

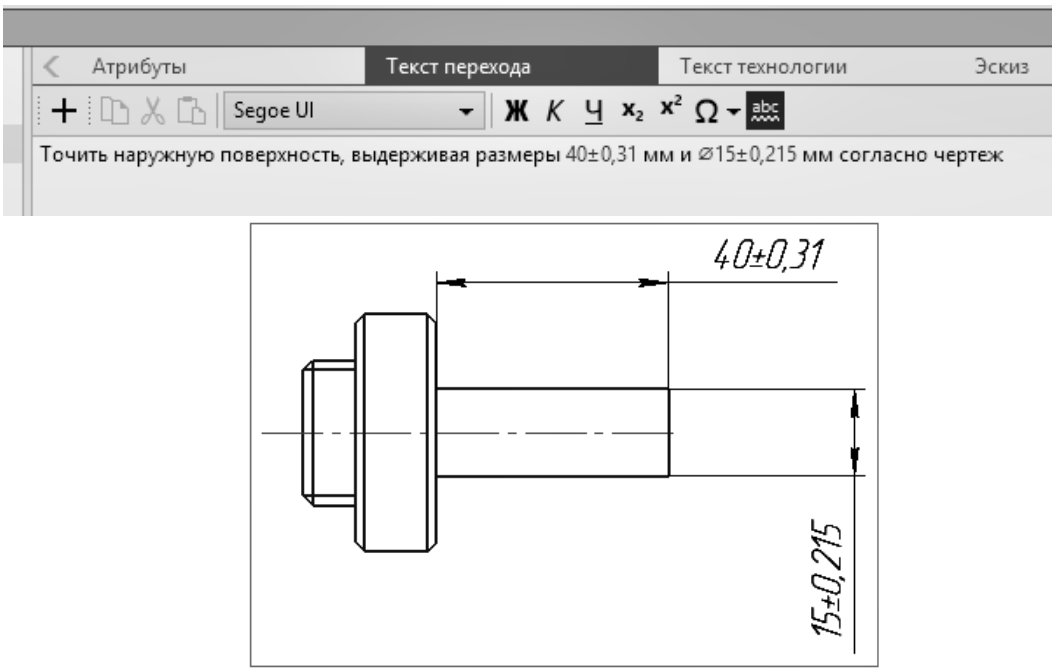


Рис. 1. Исходные данные чертежа и теста перехода

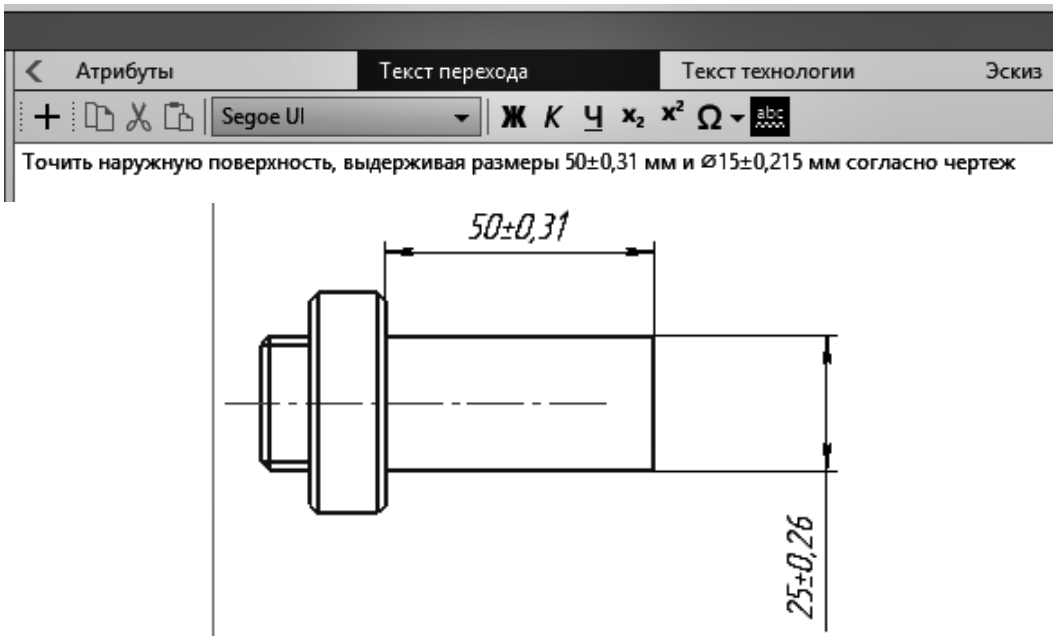


Рис. 2. Результат при применении прямой связи параметров

Таким образом, исследованная последовательность передачи информации между двумя приложениями позволяет:

- во-первых, значительно ускорить проектирование техпроцесса;
- во-вторых, на 100 % исключаются ошибки при записи размеров в тексте ТП;
- в-третьих, благодаря подсветке (на чертеже и эскизе) размеров, импортированных в техпроцесс, можно легко ответить на вопрос, все ли размеры

учтены в тексте ТП, и в первом приближении проконтролировать полноту техпроцесса.

1. Система автоматизированного проектирования. – Текст : электронный // Вертикаль – система автоматизированного проектирования технологических процессов. – URL: http://ascon.ru› (дата обращения: 21.12.2020).

2. Азбука Вертикаль. – Текст : электронный // Методические материалы для студентов. – URL: http://:kompas.ru›source/info_materials/vertical_2014 (дата обращения: 21.12.2020).

3. Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет). – Текст : электронный // Программа обучения САПР ТП Вертикаль. – URL: window.edu.ru›resource/463/62463/files…loodsman…(дата обращения: 21.12.2020).

4. Кафедра КИ ТМС ЯГТУ. – Текст : электронный // Работы студентов. – URL: http://www.tms.ystu.ru (дата обращения: 21.12.2020).

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

Я.А. Лучников, А.А. Машьянова
Научный руководитель ***А.М. Водовозов****, канд. техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В наше время искусственное освещение стало неотделимым элементом нашей жизни. Оно помогает в освещении городов, поселков и других мест пребывания людей.

Однако из-за использования ламп старого образца и управления освещением вручную, расходуется немалое количество электроэнергии. Эти затраты сильно воздействуют на муниципальные бюджеты, что не устраивает администрацию городов и районов.

Предлагаемая система актуальна для новостроящихся районов города и для мест, где в ночное и вечернее время ходит небольшое количество людей. В новостроящихся районах необходима установка автоматизированной системы уличного освещения, так как она снизит потребление электроэнергии и увеличит безопасность на улицах, а также не потребует затрат на модернизацию и переход от старой системы к новой.

Автоматизированная система управления наружным освещением (АСУНО) предназначена для оперативного управления и контроля наружным освещением.

Основные функции системы:

- включение/выключение дистанционно;
- контроль целостности оборудования;
- локализация мест отказов;
- своевременная сигнализация о поломке.

АСУНО строится как типовая микропроцессорная система [1]. В ней светильники будут управляться микроконтроллерами; датчики предназначены для сбора информации в системе.

Структурная схема АСУНО представлена на рисунке 1. В неё входят следующие элементы: контроллер, который имеет GPRS-датчик для передачи данных, сервер, который принимает и обрабатывает информацию, персональных компьютеров для диспетчера и администратора, каналов связи передачи данных между пунктов диспетчера и шкафами управления.

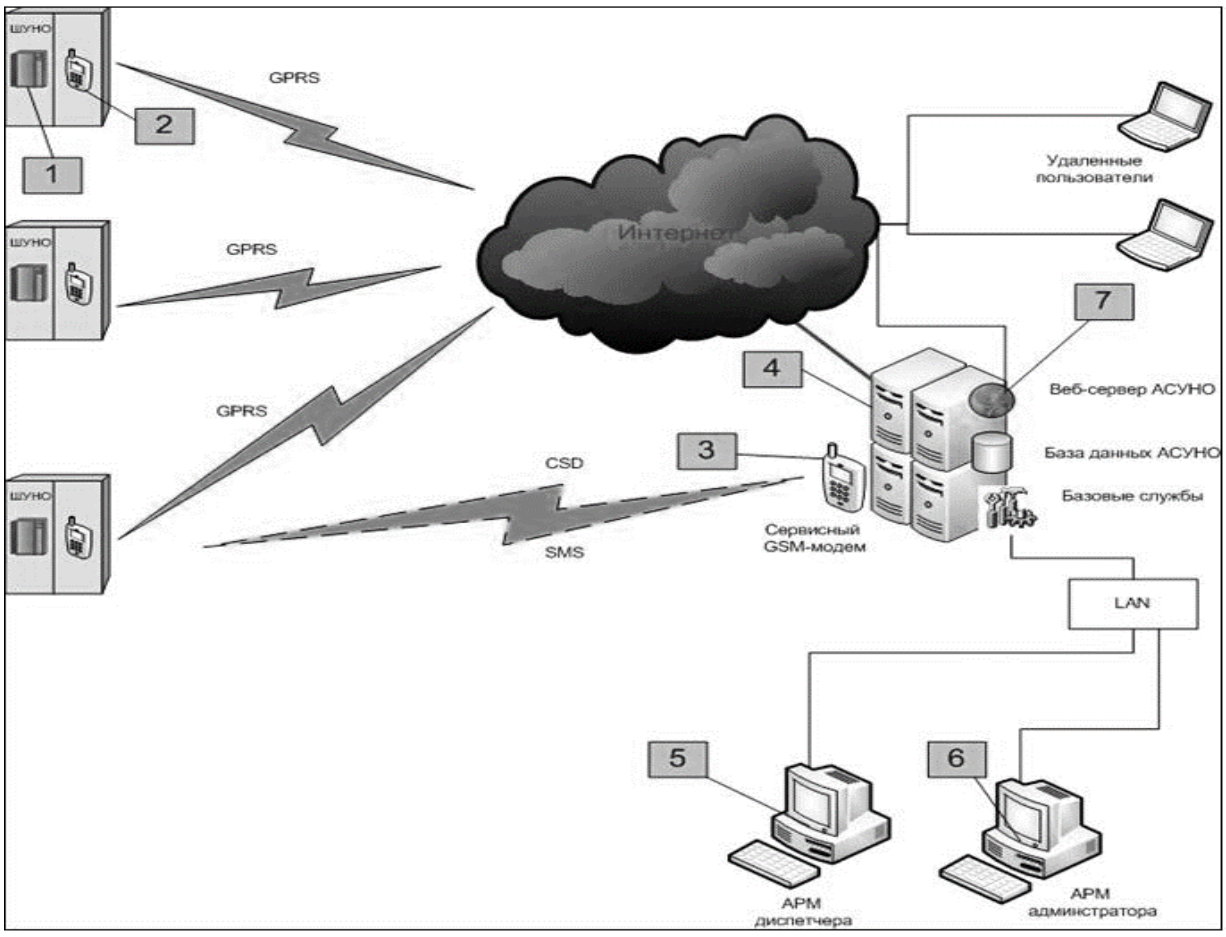


Рис. 1. Структурная схема

В качестве управляющего контроллера в каждый светильник выбрана микросхема STM32; она подходит по всем характеристикам согласно datasheet на этот микроконтроллер [2].

Для работы светильника используются IOT-технологии, сенсоры и беспроводная среда передачи данных [3].

Для передачи данных нужно определиться с технологией. В таблице представлены сравнительные характеристики технологий.

Таблица

Сравнительные характеристики технологий передачи данных

Технологии	Дальность	Частота	Скорость передачи	Потребление энергии	Стандарт	Масштаби-руемость
Wireless RF	До 50 метров	315/433 МГц	10-115,2 кбит/с	Сверхнизкое	-	Ограниченно
Bluetooth low energy	До 80 метров	2,4 ГГц	<1 мбит/с	Пониженное	Bluetooth 4.0	Да
WI-FI	До 100 метров	2,4/5 ГГц	7 Гбит/с	Высокое	IEEE 802.11	Да
Wi-fi HaLow	До 1 км	900 МГц	50 кбит/с – 18 мбит/с	Пониженное	IEEE 802.11 ah	Да
Thread	До 50 метров	2,4 ГГц	250 кбит/с	Низкое	Thread на основе 6LoWPAN	Да
ZigBee	До 100 метров	915 МГц/2,4 ГГц	250 кбит/с	Низкое	ZigBee на основе IEEE 802.15.4	Да
Z-Wave	До 30 метров	900 МГц	10-100 кбит/с	Низкое	Z-Wave	Ограничено

В качестве технологии передачи данных между светильниками выбрана ZigBee из-за низкого энергопотребления, высокой дальности передачи и хорошей масштабируемости. Для передачи данных от основного контроллера к серверу будет использоваться GPRS-технология.

Для передачи данных по ZigBee планируется использовать беспроводную систему на кристалле STM32WB55CG, для GPRS будем использовать GPRS модуль для микроконтроллера STM32.

В качестве датчиков предусматриваются датчики освещенности, датчики движения. Для определения местоположения будет использован GPS-модуль.

Управление системой возможно по заранее заданному расписанию и, дополнительно, в функции освещенности вокруг светильника и движения пешеходов, которые подходят к светильнику.

В результате уменьшается вероятность включения освещения в дневное время из-за ошибки человека. Также в ночное время, когда нет движения, светильник будет работать с меньшей мощностью, что также положительно скажется на электропотреблении.

АСУНО поможет уменьшить время на ремонт осветительной сети благодаря локализации поломки с помощью GPS-модуля. Для работы в случае рез-

кого отключения сети необходимо использовать источник беспроводного питания.

На сервере необходимо вести запись в базу данных о работе светильника и все данные по нему, а с помощью сетевого приложения (рис. 2) будет производиться мониторинг всей осветительной сети.

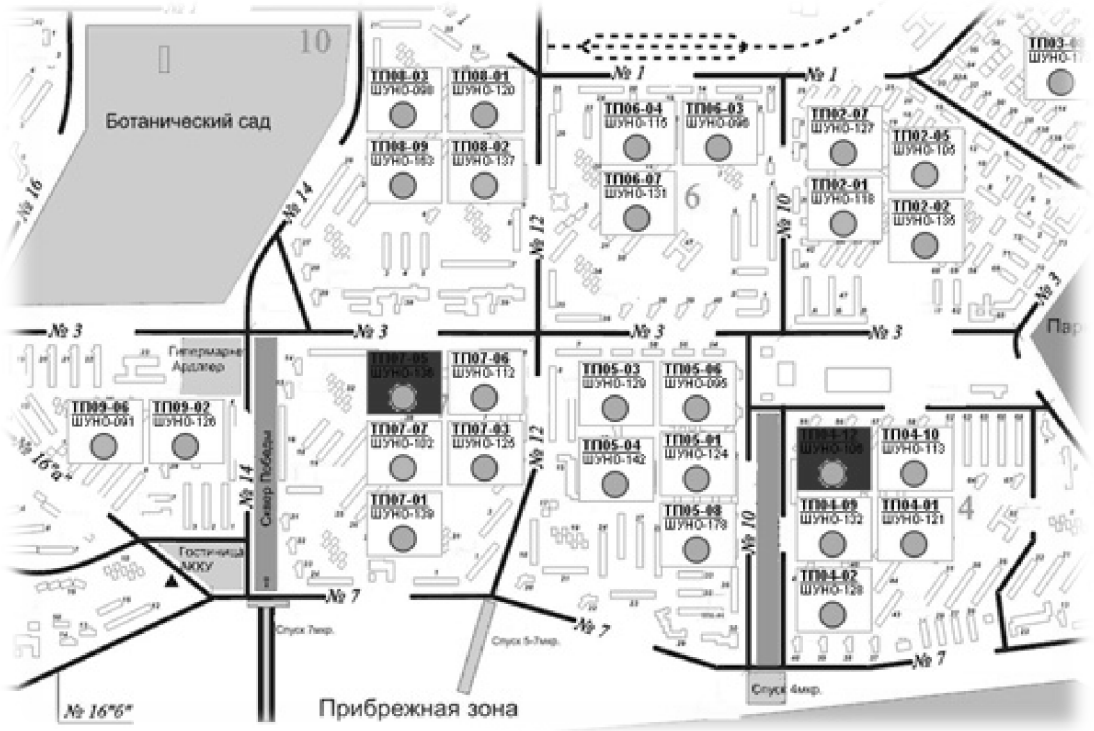


Рис. 2. Сетевое приложение

1. Водовозов, А. М. Микроконтроллеры для систем автоматики. Учебное пособие / А. М. Водовозов. – Вологда : ВоГУ, 2015. – 164 с.

2. Datasheet STM32F103C8T6TR. – Текст : электронный // Datasheet STM32F103C8T6TR – URL: http://www.farnell.com/datasheets/2573594.pdf (дата обращения: 21.12.2020).

3. Из чего состоит IoT. – Текст : электронный // Из чего состоит IoT/Хабр. – URL: https://habr.com/ru/post/436708/ (дата обращения: 21.12.2020).

АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ КЛАПАНОВ ГАЗООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.С. Мартюгов
Научный руководитель ***Е.В. Ершов****, д-р техн. наук, профессор*
Череповецкий государственный университет
г. Череповец

Европа является крупнейшим экспортным рынком для российских сталелитейных компаний. Эта отрасль приносит существенную экспортную выручку. Экспорт черных металлов составляет порядка 5,2 % от совокупного объема экспорта из России. Он уступает по значимости только нефти (28 %), нефтепродуктам (17,4 %) и природному газу (12,6 %).

Одной из особенностей современного европейского рынка являются повышенные экологические требования, предъявляемые к предприятиям экспортёрам продукции чёрной металлургии. Нарушение этих требований может привести к значительным экономическим последствиям, вплоть до полной блокировки экспорта. В этих условиях особые требования предъявляются к функционированию газоочистных сооружений.

Ключевым узлом, обеспечивающим работоспособность газоочистных сооружений, являются клапаны: они могут иметь различную конструкцию и применяются для продувки оборудования, сброса излишнего давления, технического обслуживания оборудования.

Для эффективной работы системы необходимо проводить регулярную ревизию оборудования, а также осуществлять мониторинг его текущего состояния. Ревизия состояния оборудования проводится в соответствии с правилами эксплуатации оборудования, а также принятым на предприятии регламентом. Мониторинг, как правило, осуществляется обслуживающим персоналом и носит периодический характер.

В тоже время не менее необходимым является постоянный мониторинг состояния оборудования. Органолептический мониторинг – контроль состояния оборудования ответственными специалистами зачастую становиться неподъёмной задачей, для обслуживания всего парка оборудования требуется слишком много специалистов, а круглосуточный режим работы такого оборудования только усложняет задачу. Решением может стать применение автоматизированных методов мониторинга.

Наиболее применимым из современных методов мониторинга, используемых для контроля состояния газоочистного оборудования, является метод вибродиагностики [1]. Этот метод позволяет отслеживать состояние оборудования в режиме 24 на 7 и обеспечивает необходимую точность показаний. Однако применение методов вибродиагностики сопряжено с рядом проблем, а именно: сложность монтажа оборудования ввиду особых требований к спосо-

бу крепления датчика вибрации, невозможность установки систем вибродиагностики без остановки оборудования, высокая стоимость предлагаемых на рынке систем мониторинга. Кроме того, однажды смонтированную систему вибродиагностики невозможно применять на других аналогичных агрегатах, отсутствуют приемлемые портативные варианты.

Альтернативой повсеместно применяемым методам вибродиагностики может стать метод акустического контроля. Такой подход отличает невысокая стоимость сопутствующего оборудования, сравнительная простота монтажа, возможность использования портативных решений. Ещё один плюс таких систем – отсутствие необходимости остановки оборудования для монтажа системы, микрофон не обязательно устанавливать непосредственно на диагностируемый агрегат. Для непрерывного производства этот фактор является крайне важным.

В связи с вышесказанным разработка системы акустического контроля состояния клапанов газоочистного оборудования является актуальной научно-технической задачей.

Системы компьютерного анализа звуковой информации применяют поэтапную обработку звука. В общем случае система распознавания звука работает по следующей схеме (рис.):

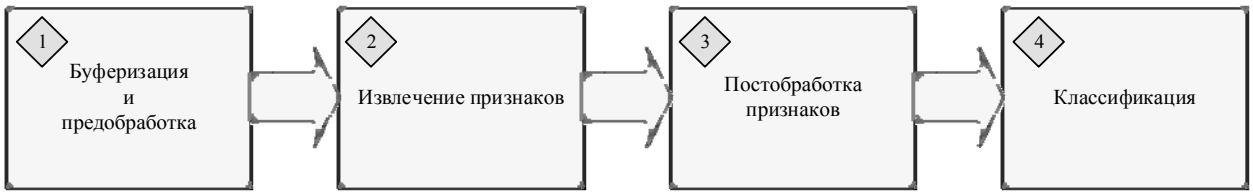


Рис. 1. Общая схема распознавания аудио-событий

На первом этапе происходит преобразование исходного аудио-сигнала в набор фреймов. При этом в системах распознавания, как правило, используют разбиение с перекрытием. Установлено, что оптимальным является фрейм длиной 10 мс и перекрытием 50 %. Предобработка включает в себя pre-emphasis фильтрацию и оконное взвешивание. Pre-emphasis фильтрация усиливает более слабые и более высокие частоты сигнала, что позволяет сделать сигнал менее восприимчивым к шумам различной природы. Оконное взвешивание применяется в связи с ограниченностью фрейма во времени. В качестве взвешенных функций чаще всего выступают окно Хэмминга, Блэкмэна или плоское [2].

На втором этапе осуществляется извлечение признаков из аудио-сигнала. Существуют несколько подходов к извлечению признаков из звукового сигнала, наиболее применяемыми являются: статистика в частотной области, коэффициенты линейного предсказания (LPC), мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC).

Коэффициенты линейного предсказания (LPC). В качестве признаков используются коэффициенты, предсказывающие сигнал на основе линейной комбинации предыдущих отсчетов. Являются коэффициентами КИХ-фильтра соответствующего порядка [3].

Мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC) – суть метода заключается в том, чтобы, используя шкалу перевода частоты сигнала в его высоту в мелах, вычислить многомерные векторы признаков, с которыми в дальнейшем будут работать алгоритмы классификации [4].

Постобработка признаков – по завершению процесса выделения значащих признаков распознаваемого аудио-сигнала производится нормализация полученного набора признаков [5]. При необходимости также снижается размерность вектора признаков для повышения производительности алгоритмов классификации [6].

На этапе классификации могут применяться различные методы. Наиболее распространённые из этих методов приведены ниже.

Метод k-ближайших соседей – работает с помощью поиска кратчайшей дистанции между тестируемым объектом и ближайшими к нему классифицированными объектами из обучающего набора. Классифицируемый объект будет относиться к тому классу, к которому принадлежит ближайший объект набора.

Классификатор дерева решений – разбивает данные на всё меньшие и меньшие подмножества на основе разных критериев. С каждым разделением количество объектов определённого критерия уменьшается. Классификация подойдёт к концу, когда сеть дойдёт до подмножества только с одним объектом. Несколько подобных деревьев решений формируют Случайный Лес (англ. Random Forest).

Наивный байесовский классификатор – классификатор вычисляющий вероятность принадлежности объекта к какому-то классу. Эта вероятность вычисляется из шанса, что какое-то событие произойдёт, с опорой на уже на произошедшие события. Каждый параметр классифицируемого объекта считается независимым от других параметров.

Линейный дискриминантный анализ – этот метод работает путём уменьшения размерности набора данных, проецируя все точки данных на линию. Метод относится к линейным алгоритмам классификации, наиболее применим для данных с линейной зависимостью.

Метод опорных векторов (SVM). Основная идея метода – перевод исходных векторов в пространство более высокой размерности и поиск разделяющей гиперплоскости с максимальным зазором в этом пространстве. Разделяющей гиперплоскостью будет гиперплоскость, максимизирующая расстояние до двух параллельных гиперплоскостей. Алгоритм работает в предположении, что чем больше разница или расстояние между этими параллельными гиперплоскостями, тем меньше будет средняя ошибка классификатора. One

Class SVM – это одна из форм классического алгоритма, для обучения которой достаточно иметь всего один класс.

Логистическая регрессия – выводит прогнозы о точках в бинарном масштабе – нулевом или единичном. Если значение чего-либо равно либо больше 0,5, то объект классифицируется в большую сторону (к единице). Если значение меньше 0,5 – в меньшую (к нулю). У каждого признака есть своя метка, равная только 0 или только 1. Логистическая регрессия является линейным классификатором и поэтому используется, когда в данных прослеживается какая-то линейная зависимость.

После анализа имеющихся подходов экспериментальным путём было установлено, что наиболее эффективным с точки зрения качества и скорости распознавания является извлечение признаков аудио-сигнала при помощи мел-частотных кепстральных коэффициентов [7]. Эксперимент проводился путём распознавания различными классификаторами набора аудиофайлов подготовленного на основе имеющейся обучающей выборки.

Для задачи классификации целесообразней всего использовать метод опорных векторов, т.к. он позволяет распознавать все имеющиеся отклонения, в том числе и ранее не известные. Кроме того, был использован метод Random forest (разновидность классификатора дерева решений), показавший наиболее высокую точность распознавания в приведённом выше эксперименте.

В результате был сформулирован метод распознавания сбоев в работе воздушных клапанов оборудования на основе многоэтапного алгоритма распознавания звука, включающего в себя предобработку звука при помощи Pre-emphasis фильтрации с применением оконного взвешивания, извлечение значащих признаков аудио-сигналов на основе MFCC подхода с дальнейшим распознаванием One Class SVM или Random forest классификатором.

1. Костюков, А. В. Комплексная автоматизированная диагностика динамического оборудования / Костюков, А. В., Щелканов, А. В., Бурда, Е. А. // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : материалы 7-й международной научно-технической конференции (Омск, 24–28 апреля 2017 г.). – Омск : ОмГТУ, 2017. – С. 180–181

2. Анализ и использование математических методов для распознавания звуковых сигналов / Абрамов Г. В., Коробова Л. А., Ивашин А. Л., Матыцина И. А. // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 2 (64).

3. L. Gerosa, Scream and gunshot detection in noisy environments. 15th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2007), Poznan, Poland, September 3–7, 2007.

4. C. Clavel, Events detection for an audio-based surveillance system. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference on · April 2014.

5. A. Pikrakis, Gunshot detection in audio streams from movies by means of dynamic programming and bayesian networks. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference on March 2008.

6. S. Ntalampiras, On acoustic surveillance of hazardous situations. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference on April 2009.

7. M. F. McKinney, Automatic surveillance of the acoustic activity in our living. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME 2005, July 6–9, 2005, Amsterdam, The Netherlands.

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «РАСПИСАНИЕ ЗАНЯТИЙ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА "МЕЗОН"»

А.И. Мороз

Научный руководитель ***С.Ю. Ржеуцкая****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Мы живём в мире, в котором информационные технологии быстро развиваются и являются неотъемлемой частью жизни людей. С их помощью можно значительно облегчить жизнь. Например, веб-сайты помогают найти какую-либо необходимую нам информацию или купить какой-либо товар, не выходя из дома. Также существует множество приложений, с помощью которых мы можем общаться друг с другом на любом конце света и всё что для этого нужно – наличие интернета.

Целью моей работы является создание информационной веб-системы для автоматизации процессов формирования и корректировки расписания занятий учебного центра «Мезон», а также предоставления исчерпывающей справочной информации о расписании для учеников и их родителей. Сайт весьма полезен для компании, так как клиенты смогут посмотреть всю необходимую им информацию в удобной для восприятия форме, просто зайдя на него.

Учебный центр «Мезон» обучает информационным и компьютерным технологиям детей дошкольного возраста и учеников начальной, средней, старшей школы, а также людей пожилого возраста. Каждый курс предназначен для определённой возрастной категории учеников.

На данный момент у УЦ «Мезон» уже есть действующий сайт, но расписание в нём представлено в очень неудобной форме – в виде списка по порядку идущих групп с указанием подгрупп, дня и времени проведения занятия, аудитории, преподавателя и наличия свободных мест в подгруппе. Расписание составляется с использованием Excel. Также есть ссылка на график учебных

недель в виде pdf-документа, на котором можно увидеть дни, которые являются неучебными.

В ходе создания информационной системы планируется хранение расписания в реляционной базе данных [1], что позволит выполнять произвольные запросы и предоставлять сведения о расписании в различных форматах. Например, представлять расписание на сайте по дням – так будет удобнее смотреть, у каких преподавателей и у каких групп проходят занятия в определённый день, можно быстрее определить, какие кабинеты свободны, следовательно, упростятся процессы создания, корректировки и просмотра расписания.

Также будет сделано отдельное расписание восстановления занятий, которое будет показывать код подгруппы, у которой было отменено занятие, дата, когда должно было быть отменённое занятие, а также информация о том, когда это занятие будет восстанавливаться, то есть дата, время и кабинет. В него будет вносится информация в том случае, если преподаватель по какой-либо причине не смог присутствовать на занятии. Чаще всего занятия восстанавливаются во время каникул.

Для наглядности работа информационной системы представлена на диаграмме вариантов использования (use case diagram), которая представлена на рисунке 1.

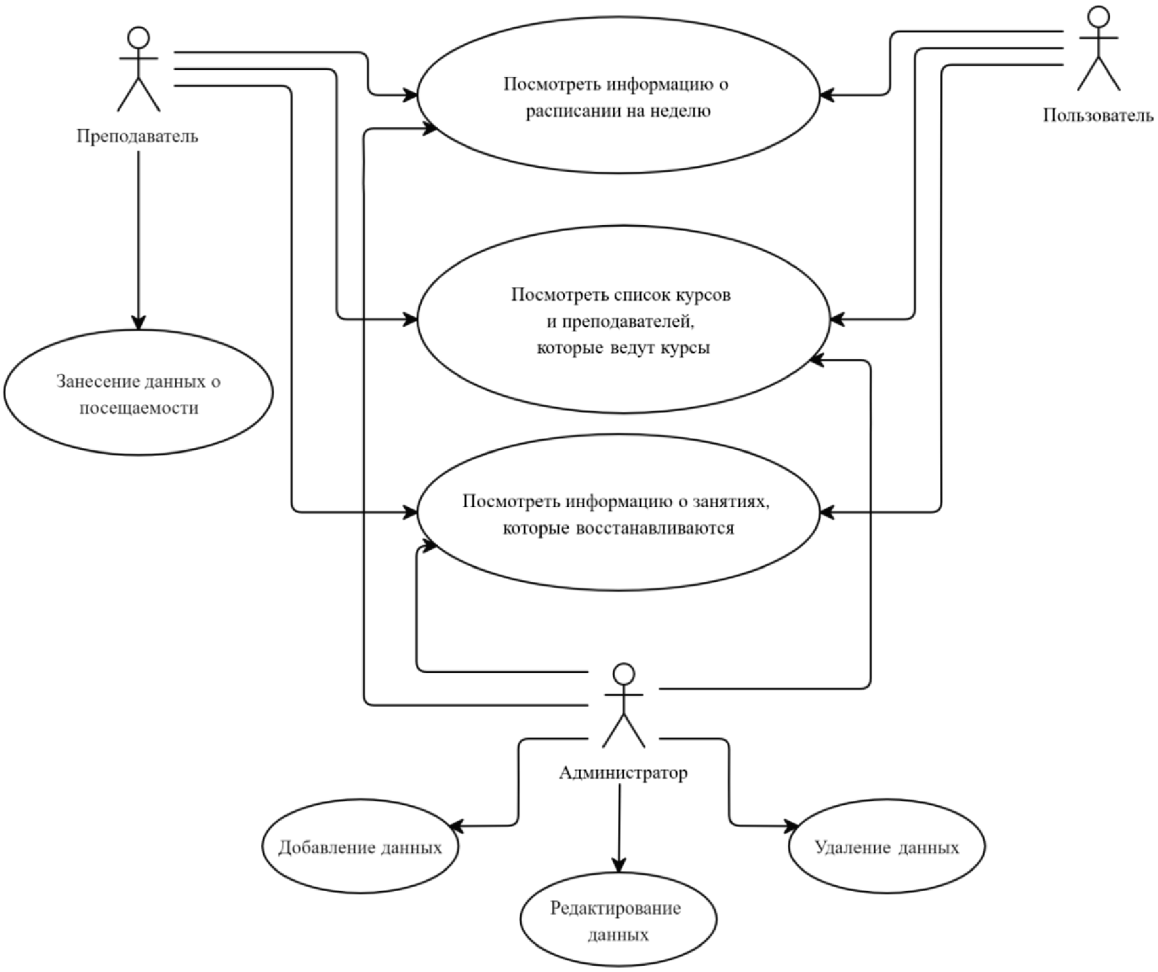


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

По диаграмме видно, что в информационной системе три вида актёров: администратор, пользователь и преподаватель.

Администратор имеет возможность просматривать расписание, добавлять, обновлять и редактировать данные.

Пользователь может узнать информацию о расписании на неделю, о занятиях, которые восстанавливаются, список курсов и преподавателей, которые ведут данные курсы.

Преподаватель может просматривать расписание и вести учёт посещаемости, то есть отмечать, присутствовал ли ученик на занятии или нет.

Для данной информационной системы была выбрана архитектурная модель, состоящая из таких частей, как: сервер баз данных, клиент и сервер приложений. Схема архитектуры системы представлена на рисунке 2.

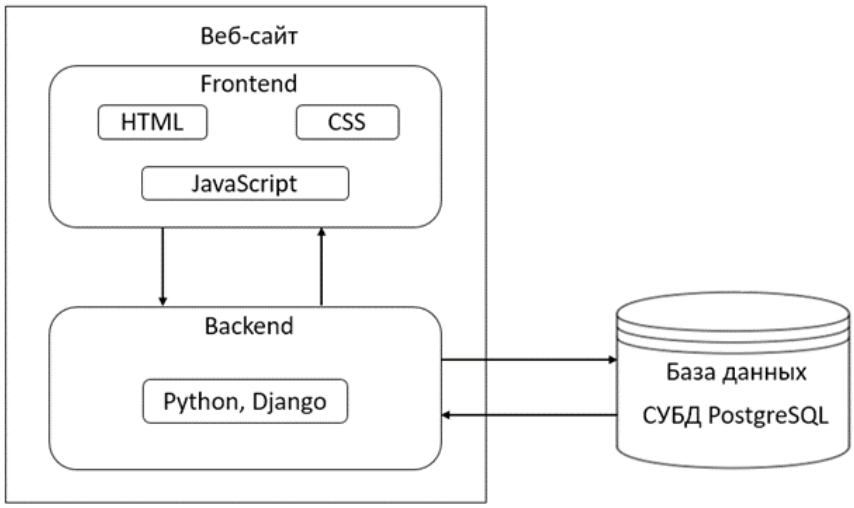


Рис. 2. Схема архитектуры системы

Сервер баз данных – в качестве СУБД была выбрана PostgreSQL. Это СУБД, которая использует реляционную модель для своих баз данных и поддерживает стандартный язык запросов SQL. Она предоставляет множество различных возможностей, достаточно надежна и имеет хорошие характеристики по производительности. PostgreSQL часто используется для ведения баз данных веб-сайтов, способна обрабатывать большие объёмы данных.

Клиент – веб-сайт, для разработки используются HTML, CSS, JavaScript – с их помощью оформим интерфейс веб-сайта. HTML – стандартный язык разметки. CSS – формальный язык описания внешнего вида документа, написанного с использованием языка разметки. JavaScript – мультипарадигменный язык программирования.

Сервер приложений – в качестве языка программирования был выбран Python, который весьма прост в изучении и с каждым годом становится всё более и более популярным среди разработчиков. Django – мощный фреймворк на языке Python, использующий шаблон проектирования MVC (Model-View-

Controller). Этот инструмент удобно использовать для разработки сайтов, работающих с базами данных [2].

После внедрения информационной системы ожидается, что станет значительно удобнее просматривать расписание, список занятий, которые восстанавливаются, а также список курсов, которые доступны в настоящее время. А для работников УЦ «Мезон» упростится задача внесения корректировок в расписание и ведение учёта посещения занятий.

1. Андрианов, И. А. Базы данных. Программирование и администрирование учебное пособие / Андрианов И. А., Ржеуцкая С. Ю. – Вологда, 2018. – 71 с.

2. Django. – Text : Electronic // knowledge.allbest.ru сайт. – URL: https://knowledge.allbest.ru/programming/2c0b65635b2bd79a5d53a89521316c27_0.html (дата обращения: 21.12.2020).

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ВИЗУАЛИЗАТОРА

М.А. Морозов

Научный руководитель ***А.А. Суконщиков****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

На текущий момент человечество проживает активный и в то же время основной период цифрового века. Абсолютно каждый имеет при себе информационное устройство, которое имеет доступ к любому источнику знаний. Параллельно с этим появляются некоторые проблемы. Первая – возможные поломки устройства. Вторая – из-за огромного количества предоставляемой информации возникает хаос, в котором трудно найти что-то конкретное.

Предлагаемое решение данных проблем – разработка веб-приложения, которое при сканировании конкретного QR-кода (или NFC-тега) предоставит пользователю всю нужную информацию о данном устройстве, а именно: 3D-модель отсканированного устройства, 3D-модели его внутренних составляющих компонентов и подробное описание каждой из компонент, которое в качестве помощи поспособствует разборке, сборке или модернизации устройства в целом. Таким образом пользователь сократит время на поиск и сможет узнать состав и принцип работы интересуемого его устройства.

Так как разрабатываемый проект будет являться полноценным web-приложением, то следует для начала описать его архитектуру, а также те виды основных инструментов разработки, которые будут использоваться.

В качестве архитектуры будет использоваться известная модель MVC (Model-View-Controller). Она представлена на рисунке 1.

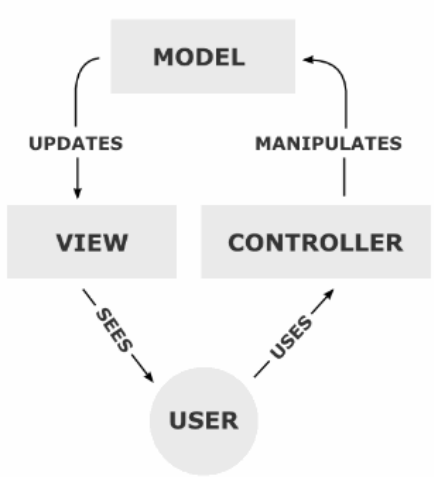


Рис. 1. Схема MVC

Суть её в том, чтобы разделить разрабатываемое приложение на пользовательскую часть (пользовательский интерфейс – view), на бизнес-логику (данные – model) и на контроллер, который реагирует на действия пользователя и обновляет для него данные.

При создании пользовательского интерфейса будет использоваться библиотека React JS, направленная на создание функциональных компонент. Одна из главных его особенностей – это JSX, который даёт возможность использовать HTML. Достоинства библиотеки – высокая скорость, масштабируемость и простота. Также данную библиотеку легко совмещать с любыми инструментами и пакетами. Рендер можно производить прямо на сервере. Отлично подходит для командной разработки.

У любого одностраничного приложения (Single Page Application) существует такое понятие, как «состояние» хранилища данных. Чтобы управлять таким состоянием, решено использовать инструмент под названием Redux.

Благодаря этим двум инструментам появляется возможность внедрения архитектуры под названием FLUX. Основная идея её в том, что на главное ключевое место ставится хранилище данных. Другими словами, пользовательский интерфейс (view) меняется только в том случае, если поменяется что-нибудь в состоянии хранилища. Схематично данная концепция с использованием Redux инструментов представлена на рисунке 2.

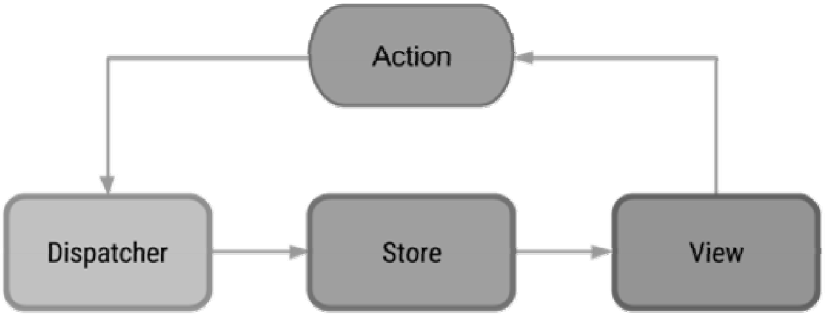


Рис. 2. FLUX-архитектура

Что касается разработки серверной части, то будет применена связка из Node.js, а именно фреймворк Express с СУБД MongoDB.

Один из главных используемых инструментов – это Three.js. Это библиотека, предназначенная для создания и отображения любой графики (3D или анимированной) при разработке web-приложений. Главные особенности – настройка и создание готовой сцены, различный вид камер, анимаций, геометрий и т.д. Главный недостаток, с которым пришлось столкнуться сразу же, – отсутствие русскоязычной документации.

Пользовательский интерфейс решено проектировать следующим образом – как только пользователь сканирует QR-код определенного устройства (например, системный блок), в ответ он получает следующее отображение модели, с которой можно взаимодействовать. Данный подход изображен на рисунке 3.

Рис. 3. Разрабатываемый интерфейс

Появившуюся модель устройства можно разобрать на составляющие компоненты, которые также будут представлены в виде 3D-моделей. Каждый компонент будет иметь подробное описание своих характеристик, а также рекомендаций по его замене или модернизации.

На текущий момент рассматривается два варианта по предоставлению информации. Первый – это QR-код, второй – NFC-тег. Оба варианта подходят прекрасно, но главное отличие этих двух методов – время. При использовании NFC-тега не тратиться время на разблокировку смартфона, открытие меню, а затем и камеры. Также не стоит забывать об определенном освещении для сканирования QR-кодов. При NFC-теге всего вышеперечисленного почти не требуется. Достаточно поднести смартфон к данному тегу, и страница разрабатываемого веб-приложения с соответствующей моделью устройства откроется. Главный минус подобной идеи – функционал реализован на более новых версиях операционной системы iOS. Другими словами, смартфоны продукции Apple поддерживают NFC-теги, начиная с iOS 14. На операционных версиях Android подобной проблемы не встречается, что является плюсом.

На текущий момент реализовано первоначальное REST API веб-приложение с использованием метода Router для обработки маршрутов. Создана первоначальная база данных, которая имеет структуру из коллекций документов. В документах хранятся данные, для которых создана так называемая схема при помощи метода mongoose. При помощи программы Postman проведено функциональное тестирование каждого из методов. Результаты соответствуют ожиданиям.

1. Алекс Бенкс: React и Redux – функциональная веб-разработка / Алекс Бенкс, Ева Порселло. – Москва : Издательство Питер, 2018. – 336 с.

2. ReactJS. – URL: https://reactjs.org/docs/getting-started.html (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

3. Основы WebGL. – URL: https://webglfundamentals.org/webgl/lessons/ru/ (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАСЧЁТНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

А.И. Нивин, А.Г. Бурлуцкая

Научный руководитель ***А.Г. Шевцова****, канд. техн. наук, доцент*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

г. Белгород

На протяжении многих лет одним из значимых направлений государственной политики является повышение уровня безопасности на дорогах и предупреждение дорожно-транспортных преступлений. Для этого необходимо учитывать множество факторов, таких как технические характеристики транспортного средства, состояние водителя, надёжность дорожного покрытия, погодные условия (ВАДС). Основным показателем безопасности дороги является коэффициент сцепления. Данный показатель может меняться в зависимости от погодных условий, состояния дорожного покрытия, давления в шинах и температуры покрытия [5]. При устройстве дорожного полотна используется асфальтобетонная смесь определенной марки и типа, состав и характеристики которой должны соответствовать нормам дорожного строительства и безопасности. В представленном материале выполнен анализ существующих методов определения температуры дорожного покрытия. Данные методы можно разделить на два вида: отечественные и зарубежные (рис.).

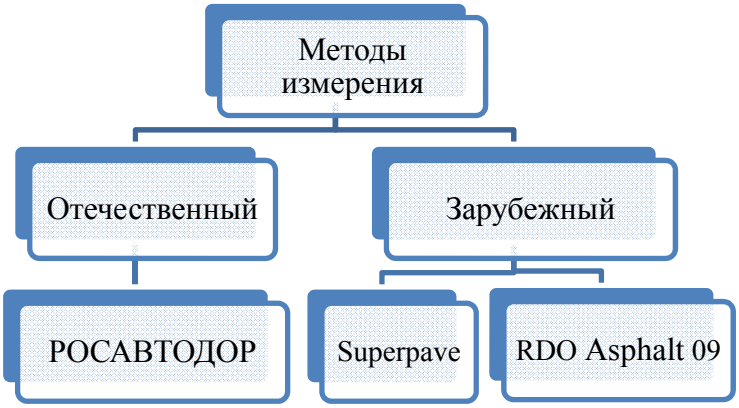


Рис. Методы измерения температуры дорожного покрытия

Существующие методы основаны на измерении температуры воздуха и температуры поверхности дорожного покрытия. Главное отличие этих методов – разные поправочные коэффициенты. Зарубежный метод «Superpave» является наиболее распространенным методом. При проектировании асфальтобетонных смесей по методологии «Superpave» отдельное внимание уделяют выбору битумного вяжущего. Для его правильного выбора учитывают географическое расположение места, где будет строиться дорога и статистические данные по максимальной и минимальной суточной температуре.

Расчётная температура слоя дорожного покрытия – температура покрытия на заданной глубине, которая рассчитывается по специализированным методикам, учитывающим значения температуры воздуха. Зная расчетную температуру, становится возможным определение допустимых верхних значений марки битумного вяжущего (X) и допустимых нижних значений марки битумного вяжущего (Y) [1]. Для расчётов в первую очередь необходимо определить значения стандартного отклонения семидневной температуры по (1) и стандартное отклонение самых низких температур воздуха по (2):

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(T_i - T_{\text{ср}})^2}{n-1}}, \quad (1)$$

где n – количество лет наблюдения; $T_{\text{ср}}$ – средняя температура; T_i – семидневная температура в (i-й) год наблюдения.

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(T_i - T_{min})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где n – количество лет наблюдения; T_{min} – средняя минимальная температура; T_i – самая низкая температура в (i-й) год наблюдения.

Подобрав материал, который сможет выдержать перепады температуры и будет обеспечивать безопасное и прочное дорожное покрытие, переходят к расчету максимальной и минимальной расчётной температуры слоя покрытия (T и T_m):

$$T = 54.32 + 0.78 \times T_{cp} - 0.025(Lat)^2 - 15.14 log_{10}(H + 25) + Z \times (9 + 0.61 \times s^2)^{0.5}, \quad (3)$$

$$T_m = 1.56 + 0.72 \times T_{min} - 0.004(Lat)^2 - 6.26log_{10}(H + 25) + Z \times (4.4 + 0.61 + 0.52s^2)^{0.5}, \quad (4)$$

где T – максимальная расчетная температура покрытия (°C); $T_{ср}$ – средняя температура воздуха (°C); T_m – минимальная расчетная температура покрытия (°C); T_{min} – средняя минимальная температура (°C); *Lat* – географическая широта в градусах; H – глубина от поверхности дороги до точки расчета (мм); Z – табличное значение стандартного нормального распределения, (Z=2,055 для вероятности 98 %); s – стандартное отклонение семидневных/минимальных температур.

Опираясь на полученные данные, выбирается подходящая марка битума с надёжностью 98 %.

Зарубежный метод расчёта RDO Asphalt используется в Германии и отличается от метода «Superpave». В нём температура асфальтобетонного слоя определяется на глубине h в зависимости от температуры на поверхности покрытия [2]:

$$T_h = b \times \ln(0.01h + 1.0) + T_n, \quad (5)$$

где T_h – температура асфальтобетона на глубине h; h – глубина под поверхностью покрытия; T_n – температура поверхности асфальтобетонного покрытия; b – параметр зависящий от T_h.

Изменение параметра температуры поверхности асфальтобетонного покрытия при помощи метода RDO Asphalt представлено в таблице 1.

Таблица 1

Изменение параметра температуры поверхности а/б покрытия

Температура поверхности асфальтоб. покрытия	< -10	< -5	< 0	< 5	< 10	< 15	< 20
Параметр b	6.5	4.5	2.5	0.7	0.1	0.3	0.4
Температура поверхности асфальтоб. покрытия	< 25	< 30	< 35	< 40	< 45	> 45	
Параметр b	-1.6	-4.0	-6.2	-8.5	-10.5	-12.0	

Данный метод измерения температуры асфальтобетонного покрытия показал удовлетворительную схожесть с данными, полученными экспериментальным путём. Тем не менее его использование на территории Российской Федерации не совсем уместно, так как он не позволяет учитывать региональные условия и теплотехнические свойства применяемого асфальтобетона.

В РФ стоит выделить метод, который использует РОСАВТОДОР с 2017 года. В его разработке принимали участие большое количество специалистов, таких как Лазарев Ю. Г., Кирюхин Г. Н., Медрес Е. Е., Ряту Ю. В данном методе для прогнозирования используют низкие и повышенные весенние

температуры. На первом этапе проектирования состава асфальтобетонной смеси для выбора битума анализируются реальные температуры поверхности дорожного покрытия [3]:

$$t_{\text{п}} = 1.017 \times t_{\text{в}} + 1.593, \quad (6)$$

где $t_{\text{п}}$ – температура поверхности дорожного покрытия (°С); $t_{\text{в}}$ – температура воздуха (°С).

Следующим этапом является прогнозирование изменения температуры покрытия, учитывая регулярные суточные изменения на основе периодических годовых и суточных изменений температур:

$$t_{\text{пл}} = 1.981 \times \sin\left(\frac{2\pi(P№-97)}{365}\right) + 0.702 \times t_{\text{в}} + 2.49, \quad (7)$$

$$t_{\text{пх}} = 6.655 \times sin\left(\frac{2\pi(P№-97}{365}\right) + 0.702 \times t_{\text{в}} + 2.49, \quad (8)$$

где $t_{\text{пл}}$ – температура поверхности в теплое время года; $t_{\text{пх}}$ – температура поверхности в холодное время года; $t_{\text{сут}}$ – час суток; Р№ – порядковый номер дня выполнения измерений (порядковый номер первого дня в году 1, последнего – 365); $t_{\text{в}}$ – температуру воздуха.

Стоит заметить, что формула температуры поверхности в холодное время года (8) является второй частью (7). Это следует из того, что в холодное время года на протяжении суток температурные колебания имеют минимальную величину, в следствии чего ими можно пренебречь [4]. Опираясь на полученные данные температур дорожного покрытия, рассчитывают среднюю температуру верхнего и нижнего слоёв дорожного покрытия. Они рассчитываются по (9), (10):

$$T_{\text{вп}} = 0.526 \times \sin\left(\frac{2\pi(4.681-t\text{сут})}{24}\right) - 1.054 \times sin\left(\frac{2\pi(108.6-P№)}{365}\right) + 0.919 \times \text{T}_{\text{п изм}} + 0.403, \quad (9)$$

$$T_{\text{вп}} = 1.052 \times \sin\left(\frac{2\pi(4.681-t\text{сут})}{24}\right) - 2.109 \times sin\left(\frac{2\pi(108.6-P№)}{365}\right) + 0.839 \times \text{T}_{\text{п изм}} + 0.806, \quad (10)$$

где $\text{T}_{\text{вп}}$ – температура верхней поверхности покрытия (прогнозируемая); $\text{T}_{\text{нп}}$ – температура нижней поверхности покрытия (прогнозируемая); $\text{T}_{\text{п изм}}$ – температура поверхности покрытия (измеренная); $t_{\text{сут}}$ – час суток; Р№ – номер даты.

Учитывать полученные критические «рабочие» температуры асфальтобетона необходимо на стадии проектирования смеси при выборе вяжущего с учетом вида смеси (горячая щебеночная, гравийная или песчаная, щебеночно-мастичная, теплая или холодная) и категории будущей автомобильной дороги [5].

В ходе анализа зарубежных и отечественных методов определения температуры дорожного покрытия были выделены основные черты, особенности и недостатки каждого из способов. При этом каждый из методов является «рабочим» и несёт в себе достаточное количество информации для опреде-

лённого вида деятельности и их целей. Дальнейшим этапом исследования является проверка отечественного и зарубежных методов на основе собранных данных, оценка эффективности их работы с целью выявления наиболее точного и качественного метода.

1. ОДМ 218.4.036-2017. Методические рекомендации по приготовлению асфальтобетонных смесей, их укладке, а также приемке выполненных работ, основанные на методологии «Superpave». – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. RDO Asphalt 09. Richtlinien Fuer Die Rechnerische Dimensionierung Des Oberbaus Von Verkehrsflaechen Mit Asphaltdeckschicht. (Указания по расчету дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием)

3. ОДМ 218.3.092-2017. Методические рекомендации по изменению и прогнозу изменений температуры во времени и по глубине дорожной одежды с учётом её конструктивных особенностей. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293745/4293745686.pdf (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

4. Бельковский, С. В. Работа оснований асфальтобетонных покрытий в зимних условиях / С. В. Бельковский // Проектирование грунтовых оснований усовершенствованных покрытий с учетом их работы в зимних условиях. – Москва : Дориздат, 1940. – С. 45–58.

5. Телтаев, Б. Б. Учёт климатических условий эксплуатации при выборе битума для асфальтобетонных смесей / Б. Б. Телтаев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2008. – № 2 (45). – С. 17–20.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ: «ПОДЪЕМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

М.А. Паршонок
Научный руководитель ***Л.Н. Виноградова****, канд. техн. наук, доцент*
Череповецкий государственный университет
г. Череповец

Виртуальная реальность – это технология человеко-машинного взаимодействия, которая обеспечивает погружение пользователя в трехмерную интерактивную информационную среду [1]. Данная технология радикально преобразовывает принцип наглядности, создавая подобие реальных объектов за счет информационного моделирования. В итоге обучающийся получает почти такой же (или более сильный) личный опыт в зрительном, слуховом, осяза-

тельном, обонятельном восприятии, в осуществлении действий, как и при реальном взаимодействии с подобными ситуациями [1].

Разрабатываемое программное обеспечение будет реализовывать обучающий сценарий по профессии стропальщик с применением технологий виртуальной реальности. Данный продукт будет создан для комплекса виртуальной реальности, основными компонентами которого будут: очки виртуальной реальности, контроллеры, системный блок и другая компьютерная периферия. Данное оборудование позволяет создать систему обучения с одним из самых высоких на сегодняшний день уровнем погружения.

Разрабатываемое программное обеспечение можно классифицировать как процедурный тренажер. Они позволяют отрабатывать профессиональные навыки по проведению тех или иных процедур. Такие тренажеры очень выгодны в использовании, так как позволяют не рисковать в процессе тренировки какими-либо реальными ресурсами. Степень реалистичности и погружения при тренировке достаточно высока, поэтому такой метод обучения имеет высокую эффективность [2].

Программу можно будет использовать в двух режимах: обучение и тестирование. Первый включает вывод текстовых и визуальных подсказок, необходимых для выполнения технологической операции, что позволит пользователю понять, что и как необходимо делать. Второй режим подразумевает прохождение без подсказок и нацелен на проверку знаний. Оба режима будут контролировать правильность выполнения каждого действия в соответствии с инструкциями и требованиями промышленной безопасности. В случае неправильного их выполнения программа будет формировать 2 типа ошибок: критическая ошибка – количество набранных баллов становится равно нулю, обычная ошибка – вычитает некоторое количество баллов. Помимо контроля ошибок сценарий будет ограничен по времени. Для прохождения будет выделено два отрезка времени. Первый – основное время прохождения. Второй – дополнительное время, по ходу которого баллы будут уменьшаться так, что при его окончании их количество будет равно нулю.

Пру уменьшении количества баллов до нуля в случае выхода времени, совершения критической ошибки или нескольких обычных сценарий будет считаться не пройденным.

В результате прохождения тестирования и обучения программа будет формировать отчет, содержащий в себе набранное количество баллов, название пройденного сценария, время прохождения и совершенные ошибки. Дополнительно будет возможность формирования списка всех действий, которые совершил пользователь. Сформированный отчет может храниться как локально на компьютере, так и отправляться в автоматизированные системы управления производством, если это необходимо. Также будет реализована запись прохождения, для того чтобы можно было посмотреть повтор.

Для реализации обучающей программы был разработан сценарий, описывающий операцию строповки и перемещения катушки с проволокой с места на место. Он содержит информацию о том, как должны быть выполнены все входящие в данную операцию действия и какие параметры необходимо контролировать в каждый момент времени их выполнения. Все это необходимо для корректного программирования последовательности действий и создания алгоритмов, отслеживающих правильность их выполнения.

Для алгоритмической реализации обучающего сценария была разработана математическая модель, в основе которой лежат конечные автоматы.

Любой технологический процесс содержит технологическую инструкцию, предписывающую алгоритм выполнения операций, правила их безопасного выполнения и описание объектов или инструментов, с которыми происходит взаимодействие на каждом этапе. Помимо данной инструкции на любом производстве есть свои общие требования безопасности, которые необходимо соблюдать, находясь на промышленной площадке – правила промышленной безопасности. Место, где происходит выполнение технологического процесса, также влияет на поведение человека, поэтому объекты окружения также необходимо учитывать при создании модели.

В разрабатываемом программном обеспечении каждый автономный узел целесообразно представить абстрактной моделью в виде конечного автомата, а всю систему – как коллектив конечных автоматов.

Коллектив автоматов функционирует в случайной среде. Это означает, что каждый автомат формирует случайную среду для других автоматов.

Существует несколько возможных способов взаимодействия автоматов. Они могут взаимодействовать по вложенности (один автомат вложен в одно или несколько состояний другого автомата), по вызываемости (один автомат вызывается с определенным событием из выходного воздействия, формируемого при переходе другого автомата), по обмену сообщениями (один автомат получает сообщения от другого) и по номерам состояний (один автомат проверяет, в каком состоянии находится другой автомат) [3]. Основными видами взаимодействия автоматов в данной программе будут взаимодействие по номерам состояний и обмену сообщениями.

Конечные автоматы подразделяются на детерминированные и недетерминированные. В данной программе будет применяться второй тип, так как может существовать возможность перехода из одного состояния в разные под воздействием одинаковых входных сигналов. Это позволит как симулировать различные внештатные ситуации, так и добавить вариативность каждому новому прохождению, приближая тренажер к реальности.

Помимо сценария необходимо создать качественную трехмерную визуализацию окружения и объектов, с которыми происходит непосредственное взаимодействие обучаемого. Для максимального приближения графики к ре-

альности, модели будут создаваться с использованием фото и видео изображений реальных объектов, а также процедурно генерируемых текстур.

Программа будет содержать уникальную архитектуру, реализующую функционал, необходимый для взаимодействия человека с цифровой реальностью, – базовый функционал необходимый для создания тренажера. Именно на его основе будет создан тренажер. Также будут созданы модули, отвечающие за сбор метрик и формирование отчетов. Использование этих наработок в дальнейшем позволит с легкостью создавать новые обучающие сценарии по профессии стропальщик или совершенно новые курсы.

1. Селиванов, В. В. Виртуальная реальность как метод и средство обучения / Селиванов В. В., Селиванова Л. Н. – Текст : электронный // ОТО. – 2014. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-kak-metod-i-sredstvo-obucheniya (дата обращения: 02.11.2020).

2. Князева, Г. В. Виртуальная реальность и профессиональные технологии визуализации / Г. В. Князева. – Текст : электронный // Вестник ВУиТ. – 2010. – №15. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-i-professionalnye-tehnologii-vizualizatsii (дата обращения: 05.10.2020).

3. Клебан, В. О. Применение конечных автоматов в документообороте / Клебан В. О., Новиков Ф. А. – Текст : электронный // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2008. – № 53. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-konechnyh-avtomatov-v-dokumentooborote (дата обращения: 06.10.2020).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА СВЕТОВОЙ СУДОВОЙ ОБСТАНОВКИ

С.Е. Пекин

Научный руководитель ***С.Б. Федотовский****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В данной статье рассматривается система интеллектуальной системы световой сигнализации водных маяков (бакенов) для судов в ночное время суток. Были поставлены задачи и мероприятия по интеллектуализации средств навигации во внутренних водах.

Когда судно ходит по внутренним водам, судоводителю важно знать, где пролегает фарватер и располагаются препятствия, опасные с точки зрения навигации, такие как песчаные отмели, рифы, узкие каналы (и т.д.). Латеральная система использует цветные бакены, буи и маяки, чтобы судно могло пройти по фарватеру на глубину, где движение безопасно.

Бакен представляет собой плавучий знак, состоящий из плотика с укрепленной на нем сигнальной фигурой – надстройкой. Сигнальная фигура в зависимости от назначения бакена имеет силуэт в виде треугольника, круга или прямоугольника. Плотик бакена и его надстройку выполняют из дерева [1]. Конструкция бакена представлена на рисунке 1.

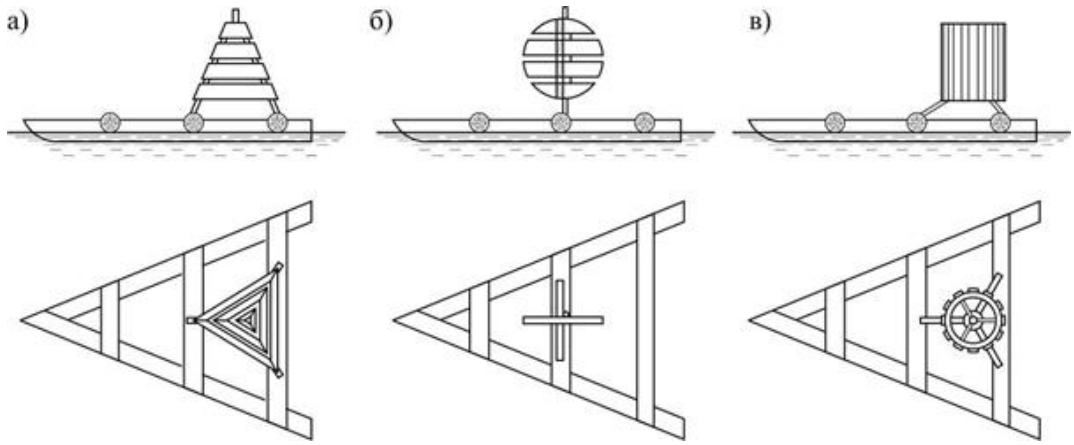


Рис. 1. Бакены: а – пирамидальный; б – шаровой; в – цилиндрический

Надстройка треугольного силуэта представляет собой трехгранную пирамиду. Бакены треугольного силуэта применяются для ограждения, как правило, левой кромки судового хода.

Бакены в виде шара или цилиндра устанавливают только для обозначения правой кромки судового хода.

Обычно бакены используются только в период физической навигации, когда водные пути очищаются от льда. В период весеннего и осеннего ледохода, а на водохранилищах в качестве дублирующих, применяются несветящие ледовые буи сигарообразной формы.

Ориентирование при плавании ночью – плавание в темное время суток, когда ориентирование происходит по световым сигналам и силуэтам окружающей местности. При этом возникают трудности из-за особенностей ночного зрительного восприятия человеком окружающей его местности.

Так, судоводитель имеет ограниченное число предметов для ориентирования, которые в свою очередь приобретают искаженные формы (из-за отсутствия объемного зрения все судовые сигнальные огни и огни навигационных знаков представляются лежащими в одной плоскости), затрудняется глазомерное определение расстояний.

Исходя из всего вышесказанного, плавучие знаки (бакены) целесообразно оснастить сигнальными маячками и осветительными приборами для подсветки, внедрить технологию АИС (Автоматизированная идентификационная система), а также систему энергоснабжения и автономности бакена. Такая система должна самостоятельно подстраиваться под временные периоды и вклю-

чать светосигнальные маячки в темное время суток и отключать их при восходе солнца, тем самым экономя заряд батареи. В свою очередь АСИ должна следить за состоянием бакена, передавать сведения о погоде и уровне вод, состоянием аккумуляторной батареи, светосигнальных систем и систем подзарядки батарей.

Целью предлагаемой работы является выбор средств и компонентов по улучшению навигации судов по внутренним водным путям в темное время суток, обеспечить ночную навигацию методом модернизации и интеллектуализации водных маяков (бакенов).

В соответствии с требованиями IALA для предотвращения столкновения с судами бакен следует оснастить проблесковым фонарем и РЛ отражателем. Для повышения автономности и ресурса батареи желательно дооснастить проблесковый фонарь датчиком света.

Стандартами АИС также предусмотрен мониторинг средств навигационного оборудования (СНО) [2].

В качестве основных целей использования технологии АИС для мониторинга СНО декларируется;

– обеспечение надежных и всепогодных средств идентификации СНО;

– индикация точного местоположения СНО;

– индикация ухода плавучего СНО от установленного местоположения;

– обозначение или делимитация маршрутов, зон, границ (например, запретных зон, линий разделения движения);

– передача сведений о погоде, приливах, состоянии вод;

– идентификация судов, столкнувшихся с плавучими СНО;

– получение информации о состоянии СНО в режиме реального времени.

На рисунке 2 показан принцип использования технологии АИС для мониторинга судопотока и СНО.

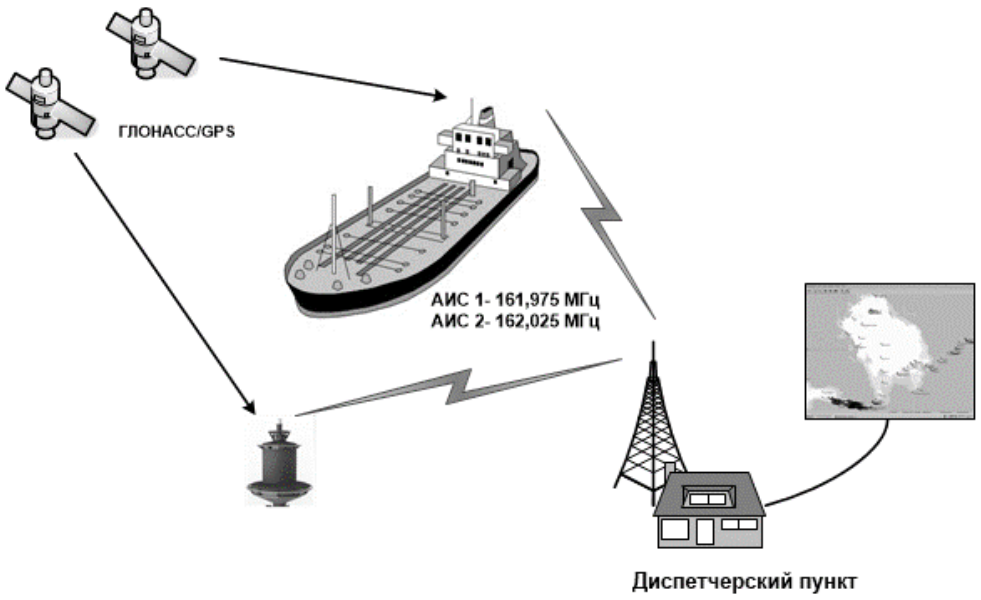


Рис. 2. Использование АИС для мониторинга судов и СНО

На каждом СПО предполагается установить специальную аппаратуру – транспондер АИС. Местоположение и параметры объекта будут определяться по сигналам ГЛОНАСС/GPS. Затем эти данные вместе с другими характеристиками бакена будут передаваться в эфир на специально выделенных частотах АИС1–161,975 МГц и АИС2–162,025 МГц в виде стандартизованных АИС–сообщений. Сообщения (в дальнейшем) будут приниматься другими судами и береговыми диспетчерскими пунктами, расшифровываться и совмещаться с электронной картой.

Для системы энергоснабжения и автономности измерительной и коммуникационной подсистем бакена предполагается включение следующих составляющих:

– солнечные панели;

– аккумуляторные батареи 12В;

– стандартное зарядное устройство 12–14,4В.

Подводя итог, отнести к положительным чертам данного внедрения интеллектуальной системы освещения бакенов можно следующее:

– улучшение навигации на внутренних водах в темное время суток, а в каких-то регионах – открытие ее;

– мониторинг систем бакенной обстановки, а также погодных условий в реальном времени.

Отрицательной стороной служит большое начальное инвестирование денежных средств в разработку и внедрение данной системы, а также грамотная настройка и сопряжение оборудования между собой.

1. Плавучие знаки навигационного оборудования. – Текст : электронный // Poznayka : официальный сайт. – 2020. – URL: https://poznayka.org/s93324t1.html (дата обращения: 27.10.2020).

2. Мониторинг СНО с использованием технологии АИС. – Текст : электронный // Студопедия.нет : официальный сайт. – 2020. – URL: https://studopedia.net/5_36097_monitoring-sno-s-ispolzovaniem-tehnologii.html (дата обращения: 27.10.2020).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ СИТУАЦИЙ

Д.Д. Перминов
Научный руководитель ***А.Н. Швецов****, д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Пожарная безопасность – состояние защищённости личности, имущества, общества и государства от пожаров. Это определение повторяет аналогичные для любых видов безопасности: состояние защищенности любого объекта от любых видов опасности. Как это состояние обеспечить на практике, не знает никто. Определение возникло до катастрофы в Чернобыле, когда существовала парадигма «абсолютной» безопасности. После катастрофы возникла парадигма приемлемого риска и пожарная безопасность определяется как состояние объекта защиты, при котором значения всех пожарных рисков, связанных с данным объектом, не превышают допустимых значений [1].

Целью данной работы являлось создание веб-приложения, в котором можно создавать 2D-модель здания, добавлять к модели материалы, устанавливать начальные точки огня, воспроизводить симуляцию распространения огня по 3D-модели здания.

Данная система позволяет быстро и удобно создавать, редактировать и анализировать модели развития пожара, выполнить моделирование распространения опасных факторов пожара по полевой модели.

Во всех сферах деятельности человека и особенно в области программирования влияние web-технологий становится ещё сильнее.

Естественно, что такие модели, по сравнению с интегральными и зональными, требуют значительно больших вычислительных ресурсов. Однако в последние двадцать лет в связи с быстрым развитием компьютерной техники полевые модели из чисто академической концепции превратились в важный практический инструмент.

В настоящее время создан целый ряд компьютерных программ, реализующих полевой метод моделирования, которые достаточно точно описывают поля скоростей, температур и концентраций на начальной стадии пожара.

При поиске аналогов было найдено несколько интернет-ресурсов для моделирования и симуляции распространения огня в здании. Среди них:

- PyroSym,
- Fenix+,
- FireGuide.

Во всех аналогах встроено FDS. Программа FDS (Fire Dynamics Simulator) реализует вычислительную гидродинамическую модель (CFD) тепломассопереноса при горении. FDS численно решает уравнения Навье-Стокса

для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре.

FDS создан на языке программирования Fortran и для создания и запуска расчетов требуется написание т.н. входного файла, который представляет собой набор строк с записанными в них параметрами.

Если для простых расчетных моделей, состоящих, например, из одного-двух помещений, можно описать геометрию и параметры нескольким десятком строк, то для более сложных объектов, например для кинотеатров, торговых центров с атриумами и др., требуется ввод сотен таких строк.

Разработка любого проекта начинается с поиска и изучения необходимой информации по предметной области, составления плана действий и определения технического задания. В рамках подготовки к реализации функционала конечного продукта было проведено исследование, в ходе которого определено решение основных задач:

- провести аналитический обзор предметной области;
- провести аналитический обзор аналогов;
- определить инструменты разработки;
- разработать структуру web-приложения;
- разработать пользовательский интерфейс;
- разработать программное обеспечение;
- провести тестирование.

В ходе исследования были выявлены кросс-платформенные инструменты разработки, оптимальные для выполнения поставленной цели, которые имеют большой функционал, удобны в использовании. Таковыми являются:

- Операционная система Windows 7.
- IntelliJ IDEA– наиболее популярная среда разработки и, на мой взгляд, самая лучшая.
- XAMPP – кроссплатформенная сборка веб-сервера, содержащая Apache, MySQL, интерпретатор скриптов PHP.
- Apache HTTP-сервер – свободный веб-сервер.
- База данных MySQL – одна из самых часто используемых и признанных во всем мире с открытым кодом.

Использовались также такие языки программирования, как HTML5, JavaScript, CSS 3, PHP 7.2.3 и Three.js (мощный инструмент, помогающий использовать 3D-дизайн в браузере с приемлемой производительностью).

В ходе выбора инструментов разработки появилось много плюсов, которые помогли определиться, с помощью чего будет производиться создание будущего проекта, а также представление о структуре веб-приложения.

Исходя из цели проекта и требований, необходимо разработать структуру продукта (рис.). Ее проработка предполагает определение всех элементов, ко-

торые он должен предоставлять в обязательном порядке для удовлетворения потребностей пользователей.

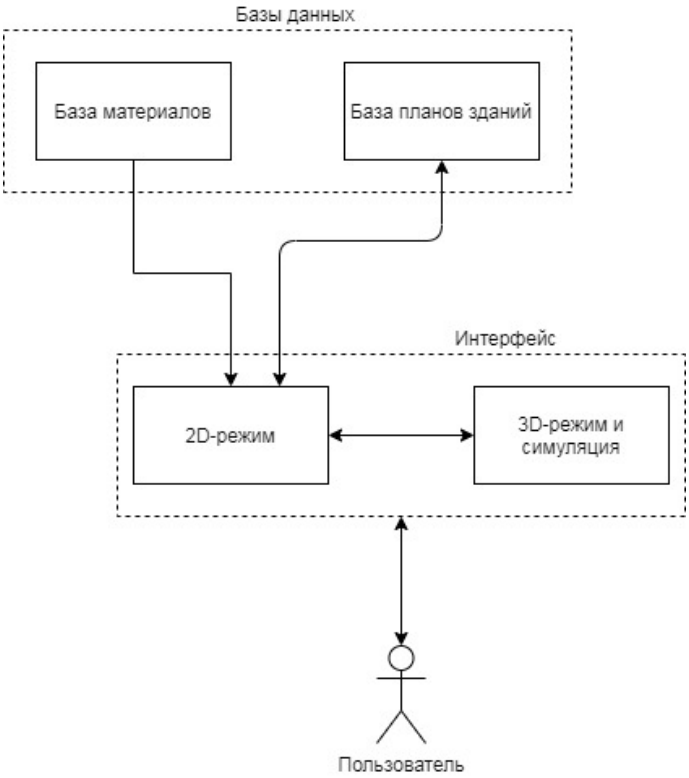


Рис. Структурная схема приложения

Пользователь взаимодействует с приложением через пользовательский интерфейс. В 2D-режиме пользователь создаёт план здания и через подключённую базу материалов назначает материалы, из которых бы было в реальности построено здание. База материалов заполняется уполномоченным лицом в организации, обладающим правами на разрабатываемый проект или в конкретной ситуации при разработке – разработчиком проекта с помощью СУБД.

В 3D-режиме можно посмотреть 3D-модель здания и запустить симуляцию распространения огня. 3D-модель строится на основе плана здания и выбранных материалов.

В базе планов хранятся пользовательские планы зданий. Каждому пользователю доступны из базы только его собственные сохранённые планы зданий.

При тестировании приложения использовались такие уровни, как:

- Модульное тестирование – процесс в программировании, позволяющий проверить на корректность отдельные модули исходного кода программы, наборы из одного или более программных модулей вместе с соответствующими управляющими данными, процедурами использования и обработки. Таким методом проверялись 2D- и 3D-режимы, подключение баз данных, действия пользователей.

• Интеграционное тестирование – одна из фаз тестирования программного обеспечения, при которой отдельные программные модули объединяются и тестируются в группе. Так тестируется взаимодействие 2D- и 3D-режимов и баз данных.

• Системное тестирование программного обеспечения – это тестирование программного обеспечения (ПО), выполняемое на полной интегрированной системе с целью проверки соответствия системы исходным требованиям. Здесь проводились тесты, которые охватывают все режимы, подключённые БД, и симуляцию.

В ходе работы над проектом было создано приложение, которое отвечает всем поставленным требованиям, не имеет фатальных ошибок и может использоваться как крупными компаниями, так и рядовыми пользователями.

1. Википедия : официальный сайт. – URL: https://ru.wikipedia.org/ (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА АРКТИЧЕСКИХ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

А.А. Попова
Научный руководитель ***М.В. Захаров****, канд. техн. наук, доцент*
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Биоразнообразие Арктики сокращается с каждым годом. Чтобы сохранить его, экологам требуется точная и актуальная информация о численности, размещении, передвижении животных. Существующие методы неинвазивного мониторинга часто производят большой объем данных, и на их обработку требуется большое количество времени и усилий. Так, например, большая часть данных, получаемых с камер-ловушек, – пустые, не содержащие животных изображения или изображения, по которым тяжело идентифицировать вид животного. В случае крупных проектов для обработки таких данных часто привлекают волонтёров, однако точность работы волонтеров значительно ниже, чем экспертов. Использование автоматизированных и автоматических методов позволило бы значительно ускорить процесс обработки данных, а также свести к минимуму ошибки, которые неизбежны при ручной классификации изображений.

В последние годы методы глубокого обучения показывают впечатляющие результаты в различных областях, в том числе и в задаче обнаружения и классификации животных на снимках. Так, в 2017 году была разработана система для обнаружения, классификации, подсчета и описания поведения жи-

вотных из набора данных Snapshot Serengeti, одного из крупнейших в мире проектов по использованию камер-ловушек для мониторинга дикой природы. Система способна идентифицировать 48 видов африканских животных, а её результаты основаны на усреднении предсказаний, полученных с помощью глубоких свёрточных нейронных сетей AlexNet, NiN, VGG-22, GoogleNet и ResNet [1]. Несмотря на то, что система способна классифицировать животных с высокой точностью (94 %), она требует больших вычислительных ресурсов и, соответственно, не может быть развернута в полевых условиях. Также она не способна классифицировать несколько видов на изображении одновременно. Исследования в области распознавания арктических животных в основном придерживаются двух направлений: обнаружение конкретного вида животного и идентификация особей внутри вида. Примером исследования первого направления может служить проект по обнаружению белых медведей и следов их обитания с борта ледокола с использованием системы камер видимого и инфракрасного диапазона и свёрточной нейронной сети InceptionNet. Точность обнаружения составила 97 % в инфракрасном и 90 % в видимом диапазоне, система может обнаруживать животных на расстоянии полукилометра от корабля [2]. Стоит отметить, что система предназначена для определения только одного вида животных, использует дорогостоящую систему камер и в большей степени была разработана для предупреждения персонала корабля об опасности, чем для экологических задач. Примером исследований второго направления является подход к идентификации особей сайменской кольчатой нерпы на основе метода опорных векторов и свёрточных нейронных сетей [3].

Таким образом, существует потребность в разработке подхода, который позволит быстро и эффективно обнаруживать и идентифицировать виды арктических животных по данным с камер-ловушек. Анализ предметной области показал, что такая задача может быть решена с использованием методов глубокого обучения, в частности, свёрточных нейронных сетей.

Свёрточная нейронная сеть – специальная архитектура искусственных нейронных сетей, наиболее эффективная для задач распознавания образов. Она основана на применении операции свёртки и состоит из свёрточных и субдискретизирующих слоёв. Для эффективного обучения такой сети требуется большое количество примеров. Небольшие проекты по использованию камер-ловушек часто не в состоянии обеспечить их необходимое количество, поэтому свёрточная нейронная сеть может быть обучена на другом, более крупном наборе данных, и затем переобучена на требуемых изображениях с заменой последних слоёв модели. Такой подход называется трансферным обучением. В качестве базы для первоначального обучения обычно используется ImageNet – база данных аннотированных изображений, специально разработанная для отработки и тестирования методов распознавания образов. В случае, если имеется достаточное количество изображений в проекте (порядка

нескольких сотен тысяч), сеть можно обучать с нуля. Проведенные исследования показали, что для больших наборов данных такой подход дает большую точность распознавания, чем предварительное обучение на наборе данных ImageNet [4].

Важным шагом является обработка изображений перед их использованием для обучения свёрточной нейронной сети.

Так как существует риск того, что сеть вместо того, чтобы изучать признаки животных, будет запоминать фон, на котором эти животные были сняты, наиболее эффективно предварительно сегментировать обучающие изображения, т.е. отделить изображения животных от фона.

Важным вопросом является разделение набора на обучающую и тестовую выборку. Для объективной оценки эффективности обучения сети следует отбирать в тестовую выборку изображения максимально непохожие на изображения из обучающей выборки, так как существует риск того, что модель может просто запомнить обучающие примеры.

Количество изображений для разных видов животных может значительно различаться. В результате обучения на таком наборе сеть может быть более восприимчива к классам с большим количеством изображений и плохо идентифицировать животных из классов с небольшим количеством изображений. Во избежание этого рекомендуется максимально сбалансировать обучающий набор данных – уменьшить число изображений в превалирующих классах и увеличить число изображений в малочисленных классах путем использования методов приращения.

Следует разделить задачу идентификации вида животного на две подзадачи: обнаружение присутствия животного и непосредственно идентификацию вида. Это позволит значительно увеличить скорость работы и снизить вычислительную нагрузку, так как большая часть изображений, полученных камерами-ловушками (около 70 %), вообще не содержит животных.

По причине того, что нейронные сети, как и люди, могут ошибаться, наиболее эффективным является применение гибридного подхода, сочетающего машинную и ручную обработку. Исключение нейронной сетью изображений без животных позволит значительно снизить усилия экспертов и добровольцев по маркировке таких изображений. В задаче идентификации нейронная сеть может работать как система поддержки принятия решений – выводить набор наиболее вероятных видов, а эксперт будет решать, к какому точно виду относится животное.

Возможно развертывание системы обнаружения и идентификации животных в полевых условиях. В этом случае могут быть использованы, например, свёрточная нейронная сеть MobileNet и компьютер Rasberry Pi. Стоит отметить, что в связи с упрощением архитектуры сети, уменьшится и точность идентификации. Также возрастут требования к энергообеспечению системы

фотоловушки. В любом случае, конкретный вариант обработки данных – на месте или после сбора материала – зависит от решаемой задачи.

1. Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning / M. S. Norouzzadeh [et al]. // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2017. – no. 115(25). – P. 10–22.

2. Deep learning for polar bear detection / S. Sorensen [et al]. // Scandinavian Conference on Image Analysis. – 2017. – P. 457–467.

3. Identification of Saimaa ringed seal individuals using transfer learning / E. Nepovinnykh [et al]. // Proceedings of the Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems Conference. ACIVS 2018, Poitiers, France. 2018. – P. 211–222.

4. A. Gomez Villa. Towards automatic wild animal monitoring: identification of animal species in camera-trap images using very deep convolutional neural networks / A. Gomez Villa, A. Salazar, J. Vargas-Bonilla // Ecological Informatics. – 2017. – no. 41. – P. 24–32.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕННИЯ ЯЗЫКАМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

И.А. Притыченко
Научный руководитель ***Д.В. Кочкин****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Эффективное обучение программированию является фундаментальным вопросом для преподавателя, а также имеет большой вес для студента. Для приобретения навыков программирования студенту необходимо практиковаться в решении задач – это можно сделать с помощью проверяющих систем. На основе решенных задач можно строить план обучения.

Сейчас уже есть много проверяющих систем, но они являются только инструментом, а не полноценной системой обучения. Разрабатываемая система не будет дублировать функционал уже существующих систем, а использовать его с помощью API. Такой подход исключит конкуренцию с уже существующими системами.

Перед началом разработки системы был проведен поиск существующих решений. Прямых аналогов обнаружено не было. Непрямыми аналогами разрабатываемой системы являются онлайн-курсы по программированию, такие как CodeAcademy [1], GeekBrains, JavaRush.

Плюсы систем:

- большое количество учебного материала;
- онлайн-курсы с преподавателями.

Вышеописанный функционал в большинстве систем доступен за дополнительную плату.

Минусы систем:

- ограниченность рамками обучающего курса;
- нет рекомендательной системы под конкретного пользователя;
- представлен узкий набор языков программирования.

Цели исследования: интеграция с дистанционными практикумами по программированию, создание модели данных, анализ модели данных, создание алгоритма рекомендаций по модели данных.

Задачи исследования: реализация интеграционных модулей, создание модели данных на основе данных из разных систем, реализация алгоритма рекомендаций на основе модели данных пользователя, реализация обучающего портала для студентов.

Самая важная часть будущей системы – это база задач по программированию. База будет постоянно пополняться благодаря интеграции с внешними системами. Во внешних системах задачи представлены в разных форматах, имеют разные поля и типы данных. На рисунке 1 представлена упрощенная схема получения данных из внешних систем. Первым этапом будет получение данных с помощью REST API внешней системы, данные там представлены в формате JSON, который с помощью интеграционного модуля будет приведен к формату JAVA-объекта. Объект все равно будет не того формата, что нам нужен, для приведения данных в единый формат будет использован конвертер данных, которых произведет перевод одного типа объекта в другой. Во время конвертирования возможно удаление лишних полей и добавление новых пустых полей или полей со значением по умолчанию. Итоговый объект будет передан в основную системы для работы с данными, где будет произведена запись объекта в базу данных.

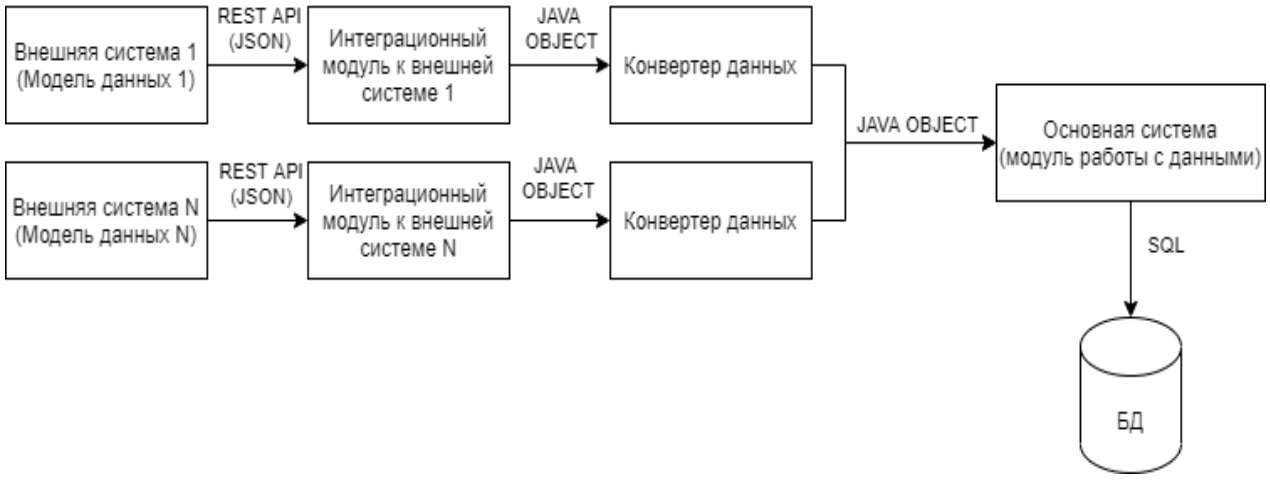


Рис. 1. Схема системы интеграции данных

Типовая структура итогового объекта задачи в системе:

- название задачи;
- описание задачи (условие);
- метаданные (ID задачи во внешней системе, ID внешней системы, дата добавления и так далее);
- ID темы задачи;
- сложность задачи.

Со стороны администраторов системы, которыми будут выступать преподаватели по программированию, потребуется разметка задач для системы рекомендаций. Разметка задач будет заключаться в привязке задачи к конкретной теме, а также установка уровня сложности. Для упрощения задачи разметки данных возможна реализация предиктивного ввода – система будет для некоторых задач сама предлагать тему и сложность, а администратор может либо подтвердить, либо исправить разметку задачи.

Система рекомендаций задач будет работать на основании разметки базы задач, а также статистики, которая будет накапливаться со временем.

Для реализации приложения была выбрана трехуровневая архитектура – клиент, сервер приложений, база данных. На рисунке 2 представлены способы взаимодействия между уровнями приложения, а также технологии, на которых будет работать сервер

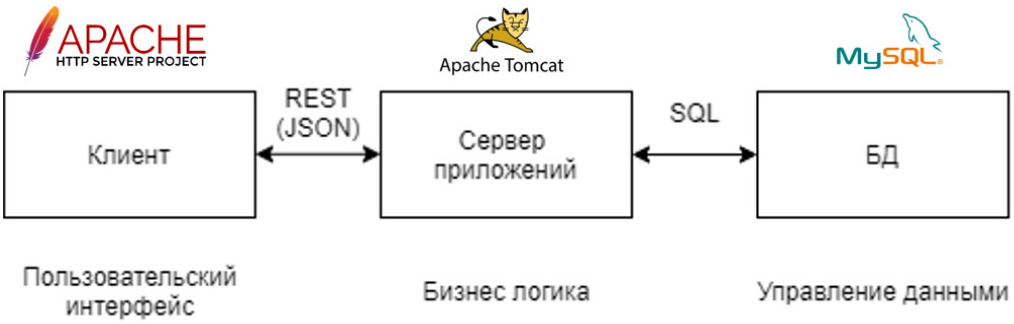


Рис. 2. Схема архитектуры приложения

Перед началом создания были выбраны технологии для каждой части. Для серверной части используется язык программирования Java. Технологии в серверной части:

- Spring Boot [2] – это фреймворк для быстрой разработки приложений на основе Spring Framework и его компонентов, входящих в Spring.
- Hibernate 5 – это библиотека, которая предназначена для отображения объектов объектно-ориентированного языка в структуры реляционных баз данных.
- Maven – это инструмент для сборки Java проекта: компиляции, создания jar, создания дистрибутива программы, генерации документации.

Для разработки клиентской части используется:

- Среда выполнения JS кода NodeJS.

• Фреймворк для разработки пользовательского интерфейса React с расширением TypeScript и библиотекой компонентов MaterialUI [3].

• Сборка проекта осуществляется с помощью Webpack.

В качестве системы управления базой данных была выбрана MySQL. Это свободная реляционная система управления базами данных.

На данный момент идет проработка архитектуры приложения, а также уже реализован тестовый интеграционный модуль Codeforces, развернут сервер и настроены инструменты непрерывного развертывания приложения.

1. Learning to Code with Codecademy. – URL: https://www.codecademy.com/.. (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

2. SpringBoot. – URL: https://spring.io/projects/spring-boot/..(дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

3. MATERIAL-UI. [Электронный ресурс]. – URL: https://material-ui.com/.. (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

РЕШЕНИЕ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АНАЛИЗА ГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Д.М. Прусаков

Научный руководитель ***А.А. Суконщиков****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В современном мире данные растут экспоненциально и имеют огромную роль. Умение правильно обрабатывать данные и корректно их интерпретировать является очень важным.

Все больше ценятся инструменты для анализа больших данных. Такие инструменты должны быть удобны для пользователя, облегчать анализ данных и справляться с нагрузкой от анализируемых данных.

Подобные аналитические инструменты есть в промышленной информационно-аналитической системе «SEDMAX» [1]. Эта система обладает множеством модулей, в которых реализованы алгоритмы анализа данных на основе единого информационного пространства, что позволяет контролировать производственные и бизнес-процессы, отслеживать ключевые показатели эффективности (KPI), рассчитывать технико-экономические показатели, оптимизировать и прогнозировать их.

Одним из таких инструментов является модуль «Анализ оперативных данных v.2» (рис. 1).

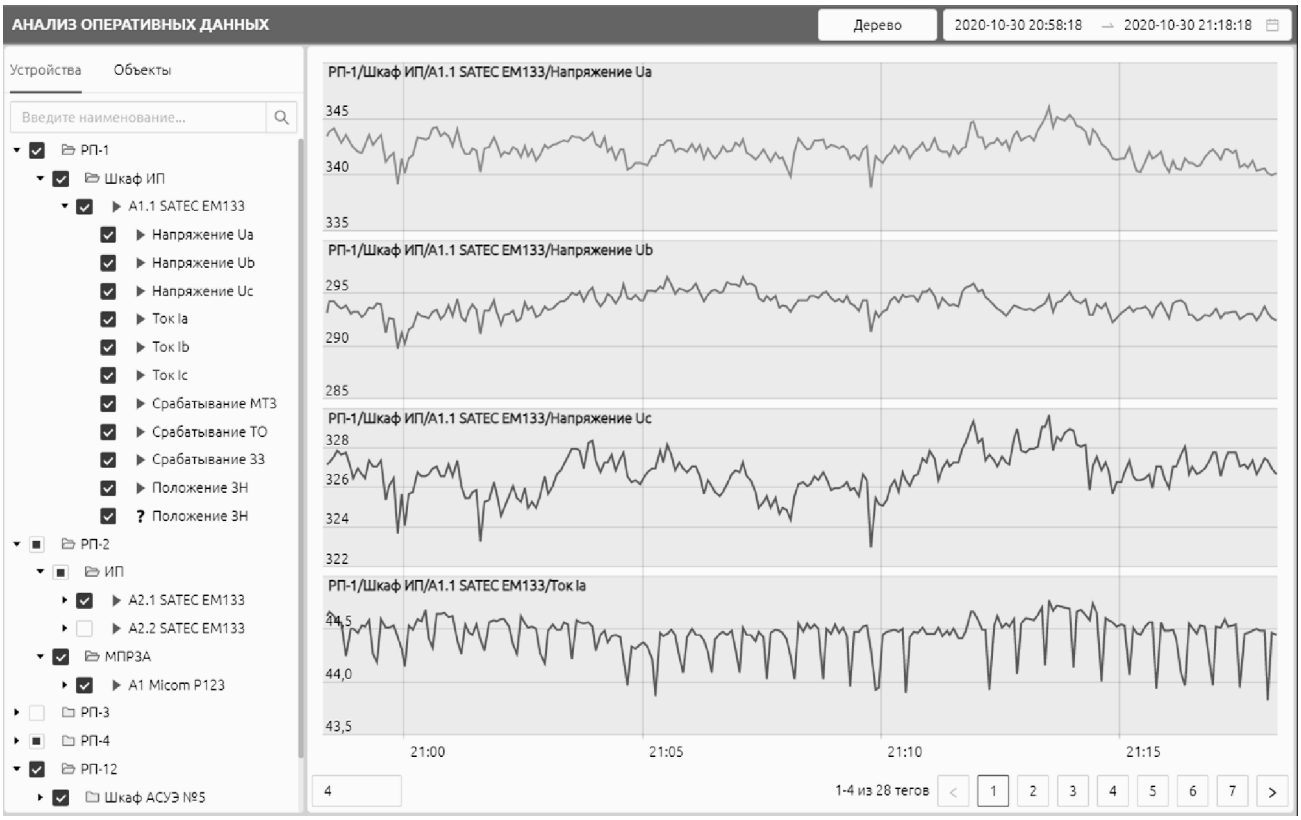


Рис. 1. Модуль «Анализ оперативных данных»

В этом инструменте имеется следующий функционал:

1. Иерархические структуры данных конкретного предприятия – дерево устройств и дерево объектов.
2. В деревьях можно выбрать нужные для анализа параметры – напряжения, токи и т.п.
3. В календаре выбирается период, за который нужны данные.
4. Для выбранного периода и выбранных параметров приходят данные, которые отображаются как в графическом, так и в табличном виде.

Проблема в том, что графики строятся по следующим принципам:

- каждый график стоится отдельно на своей оси значений;
- графики строятся в таком же порядке, как они располагаются в дереве.

Из этих принципов рождается запрос от пользователей – они хотят дополнительный функционал, который бы позволил сортировать графики и группировать их по осям.

После анализа этих требований было спроектировано UI/UX (User Interface/User Experience) решение и создан прототип интерфейса, который не только удовлетворяет этим требованиям, но и улучшает удобство и скорость работы с интерфейсом.

Созданный прототип реализует эти функции с помощью «drag and drop» (перетаскивание элементов). На данном прототипе (рис. 2) в левой его части располагается легенда, в которой находится список осей с параметрами.

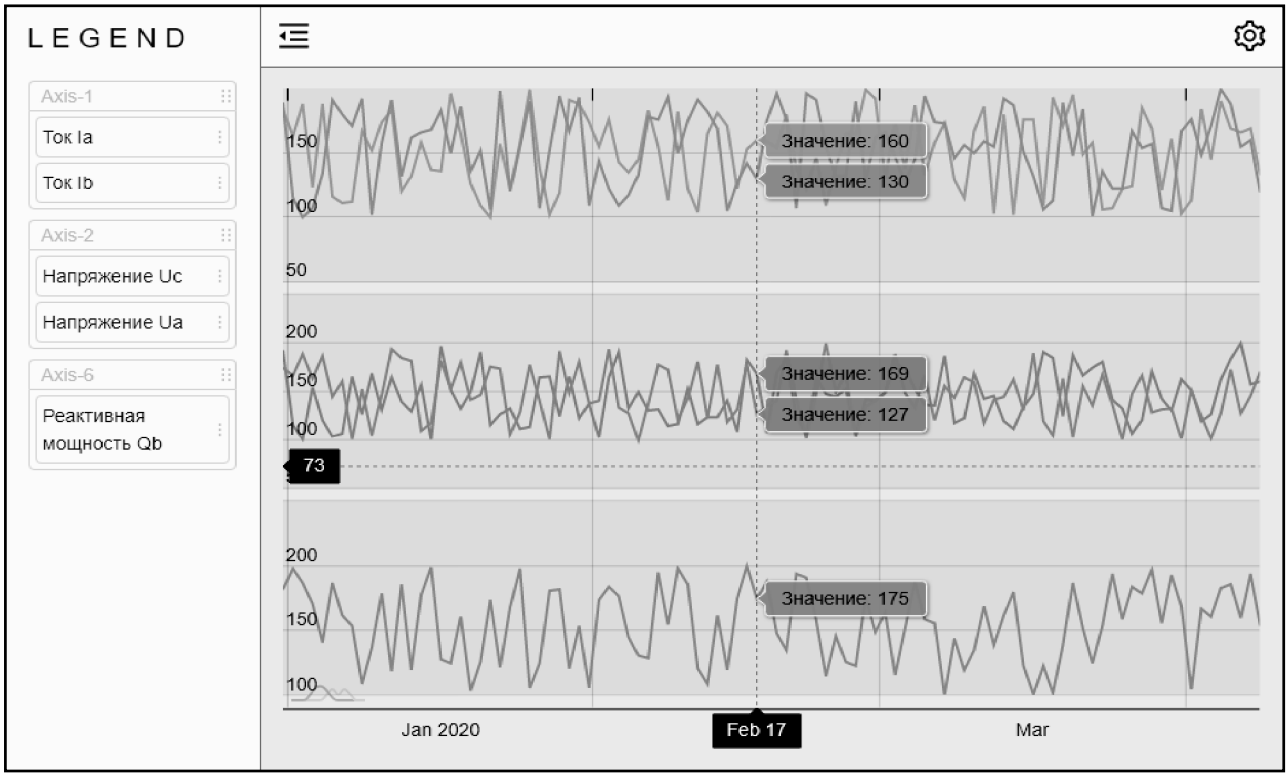


Рис. 2. Прототип для сортировки и группировки графиков

Изначально внутри каждой оси по одному параметру. Перетаскивать можно как оси, так и их параметры.

Если требуется сгруппировать параметры на одну ось, то нужные параметры нужно перетащить на соответствующую ось.

Если нужно изменить порядок осей, то можно перетаскивать оси – порядок осей в легенде будет соответствовать порядку в области графиков.

Если навести курсор на параметр внутри оси в легенде, то он подсветится на графике.

В области графика в левом верхнем углу отображается название параметра, если он один на оси, или название оси, если на ней больше одного параметра.

Дополнительным плюсом является то, что этим механизмом можно управлять и с клавиатуры: выбор элементов осуществляется через клавишу «Tab», а перемещение элемента – с помощью стрелок.

Таким образом, если данный функционал, который реализован в прототипе, будет интегрирован в АОД, то это решит поставленную задачу, то есть позволит сортировать графики и группировать их по осям.

Это удобно для пользователя и интуитивно понятно. В разы улучшается скорость работы с интерфейсом и качество визуализируемых данных, что делает интерфейс более полезным и эргономичным.

Функционал созданного прототипа может быть применим не только в этом инструменте. Он может понадобиться в любом интерфейсе, где надо что-

то группировать или сортировать, поэтому было принято решение вынести функционал как npm-модуль (node package manager – менеджер модулей для веб-разработки).

Код прототипа вынесен в github [1], а сам прототип можно найти на github-pages [2].

Решение, описанное в этой статье, будет интегрировано в «Анализ оперативных данных» SEDMAX до конца 2020 года и будет использоваться на предприятиях.

1. Сайт SEDMAX. – URL: https://sedmax.ru (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

2. Разработанный прототип на github-pages. – URL: https://dmitrytevtonsky.github.io/amcharts-axis-manipulating **(**дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

3. Репозиторий на github. – URL: https://github.com/DmitryTevtonsky/amcharts-axis-manipulating (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

ПОДХОДЫ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА В СИСТЕМЕ MOODLE

А.В. Роднин

Научный руководитель ***В.А. Горбунов****, д-р физ.-мат. наук, профессор*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Для подготовки конкурентоспособных специалистов современному образованию необходимы новые инструменты обучения. Это важно для формирования профессиональных качеств ученика, а также развития его личности, способствуя быстрой адаптации в стремительно меняющихся условиях. Особенно популярными в становятся образовательные системы, использующие технологии электронного обучения. Примерами таких технологий могут служить: дистанционное обучение, онлайн-курсы от известных университетов мира, записи лекций, выложенных в открытом доступе, открытые онлайн-конференции и многое другое.

Переход на электронное обучение в последние годы является особенно актуальной тенденцией. Поэтому любые средства и способы создания электронных обучающих программ становятся всё более и более популярными.

Одним из широко известных инструментов для электронного обучения является Moodle – модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда по созданию собственных онлайн курсов, которая относится к

LMS – системам управления обучения. Это программное приложение, с помощью которого учебные курсы можно администрировать. Данную систему можно использовать как в качестве площадки для дистанционной работы, так и в качестве поддержки при очном обучении.

Под электронным учебником понимается не столько электронная версия бумажного учебника, сколько программное обеспечение, состоящее из теоретического материала и разного рода практических заданий с использованием мультимедийных технологий. Изначально при создании нового электронного учебника разработчик должен иметь учебно-методический комплекс (УМК). На его основе он создаёт площадку для разработки электронного учебного курса. Затем весь материал электронного курса на основе УМК структурируется и наполняется ресурсами [1]. В конце готовый учебник можно внедрять в обучение, а также редактировать или расширять, если в этом есть необходимость.

Приступая к разработке в Moodle, необходимо показать основные преимущества системы перед традиционными методами обучения. В связи с чем в системе Moodle можно выделить несколько подходов для достижения мобильности при создании электронного учебника.

Для пользователей с разными профессиональными качествами существуют различные варианты работы с данной платформой – локальная версия данной программы, устанавливаемая на компьютер, или веб-приложение «Moodle Cloud», работа с которым происходит на сайте. Такой выбор обеспечивает удобную разработку электронного учебника в Moodle как для специалистов, так и для людей, не обладающих знаниями по настройке веб-сервера.

Moodle является кроссплатформенным приложением, так как для её работы требуется только веб-сервер, поддерживающий язык программирования PHP и система управления базами данных (СУБД). Все требования к приложению ограничиваются требованиями к веб-серверу и СУБД. Доступ к курсам с мобильного устройства может происходить либо через браузер, либо через отдельное приложение. При этом вся информация подстраивается под экран устройства, а основные функции остаются доступны.

Если среди штатных возможностей Moodle отсутствуют какие-либо функции, их вполне могут компенсировать различные плагины. Например, существует плагин Zoom Meeting, который позволяет интегрировать вебинары через сервис Zoom прямо в Moodle. Данный плагин подходит для курсов, которые сконцентрированы на проведении видеоконференций. Плагин Completion Progress позволяет следить за прогрессом других пользователей и ориентирован на университетские курсы. Плагин Socialwall Format изменяет интерфейс Moodle на другой, более похожий на форум, что подходит для длительных обсуждений [2]. С помощью этих, а также многих других подобных плагинов можно настроить систему конкретно под свой курс и под свои методы обучения.

Если говорить о мобильности Moodle непосредственно в обучении, то самой важной составляющей для гибкой и удобной работы с Moodle является её доступность в режиме онлайн. Студентам не нужно устанавливать на свой компьютер стороннее программное обеспечение – вся работа с платформой происходит на сайте, необходим только доступ в интернет. Онлайн доступ к курсам позволяет получать всю необходимую информацию моментально и также моментально на неё отвечать. Таким образом, снижается порог вхождения для студентов при работе с Moodle, но при этом сохраняется темп обучения.

Большую роль играет и обратная связь между преподавателями и студентами. Возможности рассылки позволяют преподавателям в оперативном порядке информировать учеников того или иного курса о новых событиях. Форумы позволяют проводить заочные обсуждения возникших в ходе обучения проблем и решать их в реальном времени через электронную переписку. А дополнительные возможности позволяют прикреплять различные файлы к своим сообщениям. В качестве заданий преподаватели могут использовать данные практически любого типа: текстовые файлы, изображения, презентации, тесты, ссылки на другие ресурсы, аудио- и видеофайлы. Все эти возможности позволяют преподавателям взаимодействовать со своими учениками и наглядно демонстрируют деятельность студентов, позволяя ещё сильнее включить их в обучение.

Исходя из описанных ранее подходов к достижению мобильности при работе с Moodle, можно с уверенностью утверждать, что данный инструмент не только может конкурировать с традиционными методами обучения, но и имеет свои серьёзные преимущества: разнообразие форм обучения, более гибкий график работы, возможность следить за результатами учеников и корректировать курс, постоянное обновление материалов, а также возможность регулировать скорость и интенсивность обучения.

Таким образом, использование технологий электронного обучения позволяет преподавателю значительно расширить свои возможности по обучению студентов, а студентам сформировать свои профессиональные качества в соответствии с современными требованиями.

1. Ребрина, Ф. Г. Этапы разработки электронного учебного курса на платформе LMS Moodle / Ребрина Ф. Г., Леонтьева И. А. // Вестник ЮУрГГПУ. – 2014. – № 2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razrabotki-elektronnogo-uchebnogo-kursa-na-platforme-lms-moodle (дата обращения: 01.11.2020).

2. Система электронного обучения Moodle: обзор возможностей и функционала – Текст : электронный // LmsList.ru: сайт. – URL: https://lmslist.ru/free-sdo/obzor-moodle/#i (дата обращения: 01.11.2020).

АКТУАЛЬНОСТЬ ПЛАТФОРМЫ UNITY ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИГРОВЫХ ПРОЕКТОВ

Д.А. Сенченко
Научный руководитель ***А.М. Полянский****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В рамках данной статьи будут рассмотрены перспективы и актуальность платформы Unity, а также аналоги, которые существуют на рынке.

Unity – это платформа для разработки игровых проектов, которая имеет встроенный игровой движок, позволяющий запускать проекты прямо в среде разработки. Unity использует компонентно-ориентированный подход – это когда разработка игры строится вокруг двух понятий:

1. Объекты, или как их называют в Unity – Game object. Они представляют собой объекты, которые расположены на игровой сцене. Каждый объект имеет вектор, который описывает его положение по отношению к началу системы координат сцены. Поведение объекта регулируется внутренними механизмами Unity, а также компонентами.

2. Компоненты – единицы правил, которые описывают поведение объектов на сцене в Unity. Компоненты могут быть самые разные, например есть компонент Rigidbody, который отвечает за то, чтобы данный объект подчинялся законам физики. Компоненты могут быть созданы пользователем с помощью скриптов, написанных на языке C-Sharp.

Среда разработки Unity использует Drag-and-Drop интерфейс для размещения объектов на сцене, что позволяет избежать написание лишнего кода. Для обработки физики объектов используется технология NVIDIA PhysX. В качестве графического API используется DirectX API. Так как среда для разработки Unity использует C-sharp, в Unity задействуется CLR (Common language runtime) – общеязыковая исполняющая среда. Ниже (рис.) приведена схема, которая иллюстрирует работу внутренних элементов движка.

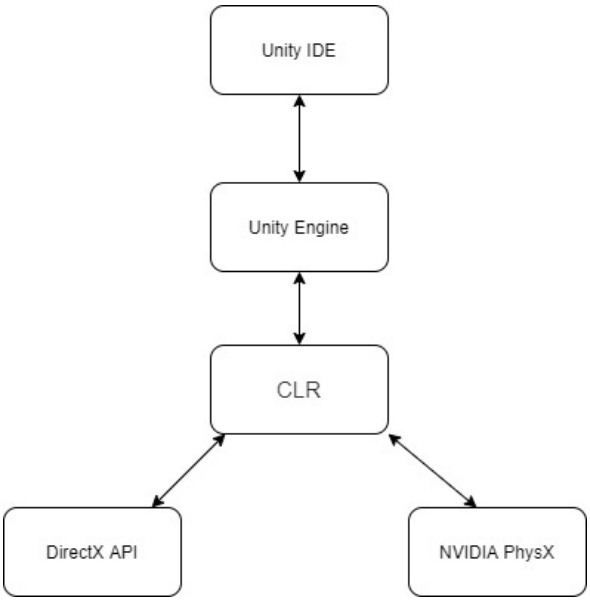


Рис. Схема работы внутренних компонентов Unity

Далее я бы хотел рассмотреть платформу для разработки игровых проектов Unity как инструмент для команды небольшого инди-проекта. Для этого будут перечислены основные преимущества и недостатки Unity в сравнении с конкурентами. Основными конкурентами в разработке 3D-игр является Unreal Engine, CryEngine и LibGDX, а в разработке 2D-игр – cocos2d, RPG-maker.

Преимущества:

1. Ключевым преимуществом над остальными решениями является модель распространения данного программного продукта. Unity позволяет бесплатно использовать все возможности игрового движка и средств разработки даже в коммерческих проектах. Главное, чтобы оборот или количество привлеченных инвестиций студии не превышала 100000 долларов в год. Если мы посмотрим на аналоги, то Unreal engine требует отчисление от прибыли 5 % вне зависимости от ее размера, если она превышает 3000 $ за квартал.

2. Кроссплатформенность. Движок Unity позволяет запускать игровые проекты на таких платформах, как PC, XBOX, PlayStation, Nintendo Switch, iOs, Android, Tizen, MacOs и др. При этом не нужно сильно изменять код скриптов или сцены. Достаточно просто изменить конфигурацию проекта. Для сравнения CryEngine не поддерживает мобильные платформы iOs и Android.

3. Unity обеспечивает разработку 2D- и 3D-игр. Для сравнения cocos2D поддерживает разработку только 2D-игр.

4. У Unity большое сообщество разработчиков, которое может подсказать при возникновении определенной проблемы. Такой движок, как LibGDX, не может этим похвастаться.

5. Unity использует современные технологии, такие как трассировка лучей в реальном времени, физика ткани, а также физику типа «тряпичная кукла».

Недостатки:

1. Из-за того, что Unity использует CLR, производительность значительнее медленнее по сравнению с Unreal Engine, который использует скрипты на C++.

2. Из-за огромного количества встроенных библиотек и прочего функционала Unity добавляет в проекты много ненужного. При разработке небольшой мобильной игры возникают проблемы с весом игры. Пустой проект в Unity занимает 30 Мбайт свободного места в памяти телефона.

3. При написании серьезных игровых проектов уровня AAA, когда в сцене присутствует множество объектов, возникает проблема с производительностью. Это решается написанием собственных скриптов, однако чтобы правильно понимать, как работает Unity, нужно приобрести самую дорогую подписку Enterprice. Для примера Unreal Engine не требует сильной доработки движка под сложные и специфичные проекты.

Подводя итоги, можно сказать, что среда разработки Unity отлично подходит как для маленьких проектов, так и для реализация серьезных ААА-проектов.

1. Как создать свою игру на Unity. Игра Bird Hunting. – URL: https://gamedev.ru/code/articles/?id=7184 (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

2. Unity | documentation. Scripting. – URL: https://docs.unity3d.com/ Manual/ ScriptingSection.html (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

3. Unity3d. Начало работы, практические советы. Рецензия. – URL: https://habr.com/ru/post/161463/ (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

4. Движок Unity – особенности, преимущества и недостатки. Начало работы, практические советы. – URL: https://cubiq.ru/dvizhok-unity// (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПОВЕДЕНИЮ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Д.А. Середа
Научный руководитель ***А.М. Полянский****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Иногда с человеком происходят неблагоприятные случаи, влияющие на жизнь его и окружающих. Часто это вызывается экстремальными ситуациями, сменой привычных жизненных условий. Это могут быть землетрясение, наводнение, пожар, акты терроризма и многое другое.

Для обучения школьников и студентов правильному поведению в экстремальных ситуациях проводятся тренинговые занятия, конференции, интерактивные практикумы и т.д., на которых рассказывают, что нужно делать в той или иной ситуации, моделируются экстремальные ситуации, в которых предлагают выполнить различные действия (например, одевание СИЗ (средство индивидуальной защиты), оказание первой помощи пострадавшему (например, массаж сердца)). Одним из возможных способов обучения правильному поведению в экстремальных ситуациях может быть использование учебных симуляторов.

В настоящее время использование мобильных устройств в повседневной жизни становится обычным делом. В связи с этим возникает вопрос о том, а можно ли организовать процесс обучения в удобной для восприятия форме, что особенно актуально в отношении молодёжи, которая проводит большую

часть времени, используя мобильные устройства, как правило смартфоны. Поэтому было решено разработать мобильное приложение, которое позволило бы дать необходимые знания о правильном поведении в экстремальных ситуациях, возможность почувствовать себя в различных экстремальных ситуациях, в которых пользователь мог бы проверить полученные знания.

Разрабатываемое мобильное приложение предлагает ряд возможностей, с помощью которых пользователь освоит теоретический материал по поведению в экстремальных ситуациях, закрепит полученные знания, сыграв в игру-симулятор, где ему необходимо, применяя полученные знания, отвечать на вопросы, от ответа на которые зависит исход моделируемой ситуации. Важно, что для процесса обучения и закрепления материала не требуется иметь доступ к персональному компьютеру, достаточно всего лишь иметь под рукой мобильное устройство на базе операционной системы Android.

Мобильное приложение позволит пользователю изучить основы правильного поведения в экстремальных ситуациях как в теории, так и на практике.

Приложение будет обладать следующими возможностями:

- ознакомление с учебным материалом, который делится по видам экстремальных ситуаций (пожар, теракт, оказание первой помощи и т.д.);
- прохождение игр, в которых симулируются экстремальные ситуации;
- возможность проанализировать ошибки, допущенные в ходе прохождения симуляционной игры, ознакомиться с рекомендациями.

Весь вышеуказанный функционал представляет собой набор эффективных приемов подачи материала и успешного его освоения, что в свою очередь делает подготовку пользователя к реальным экстремальным ситуациям на ступень выше.

Мобильное приложение предназначено для устройств на базе OS Android 9.0 (Pie) и выше, разрабатывается на языке Java. Контент представлен в двух языках: английском и русском. Приложение поддерживает различные разрешения экранов мобильных устройств. Наличие подключения к интернету для взаимодействия с приложением не требуется. В качестве IDE для проведения процесса разработки мобильного приложения используется Android Studio.

Реализация приложения в общем виде представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов: активностей (Activities) и макетов окон (Layouts), на которых расположены элементы пользовательского интерфейса, а также графических файлов и файлов локализации. За действия при взаимодействии пользователя с элементами пользовательского интерфейса отвечают активности, в которых прописаны сценарии для используемых элементов UI. Т.к. от мобильного приложения требуется возможность запускать его на различных мобильных устройствах с экранами различных разрешений, используется адаптивная вёрстка, т.е. макеты реализуются под несколько типов распространённых разрешений (диагоналей) экранов: small (например, диагональ 2,7

дюйма), normal (например, диагональ 4 дюйма), large (например, диагональ 7 дюйма), xlarge (например, диагональ 10 дюйма).

Текстовый контент, его локализация, файл прогресса прохождения симуляционных игр хранятся в отдельных файлах формата .xml в приложении.

Чтобы обеспечить пользователю относительно простое и интуитивно понятное взаимодействие с приложением, было решено избавиться от лишних элементов UI, ограничить минимальное число макетов (окон) и сделать внешний вид окон приложения комфортным для восприятия, то есть в тёмных тонах. В приложении реализовано семь макетов окон: главное, меню настроек, меню уровней, уровень симуляционной игры (рис. 1), результаты игры (рис. 2), меню разделов учебного материала, учебный материал раздела.

Рис. 1. Окно уровня игры

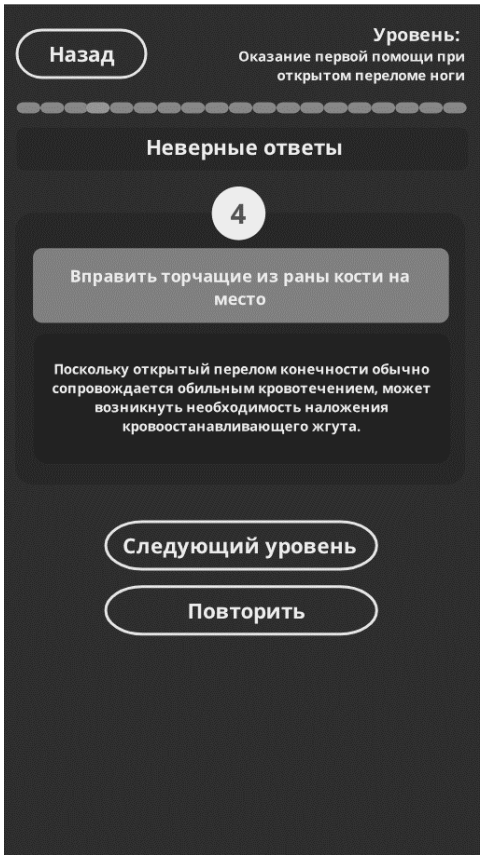


Рис. 2. Окно результата прохождения уровня

В окне уровня представлены название уровня, индикаторы пройденных заданий в уровне, изображение, связанное с задаваемым вопросом, вопрос и варианты ответов, один из которых является верным. Если на вопрос, поставленный в задании, был дан правильный ответ, то индикатор задания вверху окна окрашивается в зелёный, и пользователю даётся следующее задание, иначе индикатор окрашивается в красный, и пользователь также переходит дальше к следующему заданию. После прохождения уровня симуляционной игры можно

ознакомиться с ошибками, сделанными в ходе работы, с комментариями к ошибкам, перейти на следующий уровень или повторить игру снова.

Учебный материал и построенные на нём рекомендации по окончанию симуляционной игры были взяты из надёжных и достоверных источников. Например, официальный сайт МЧС России (www.mchs.gov.ru), «Поведение в экстремальных ситуациях. Обеспечение личной безопасности и безопасности ваших близких» – Соловьев Э. Я, 1996.

На данный момент реализованы стартовое окно, где пользователь может выбрать, начать ли ему симуляционную игру, ознакомиться с обучающим материалом или изменить настройки приложения. Также полностью реализованы макет окна с уровнем и макет окна с результатом прохождения уровня, на котором отображаются ошибки, совершённые пользователем в течение прохождения уровня, и рекомендации по их устранению.

Далее планируется реализовать недостающие макеты окон, провести локализацию контента.

Также стоит отметить, что на первом этапе разработки данного приложения оно представляет собой стандартную игру типа «вопрос-ответ» в тестовом формате, состоящую из окон с вопросами и кнопок с вариантами ответов.

В будущем планируется развитие данной темы до уровня полноценного 2D-приложения (а далее – 3D) с использованием необходимого набора анимаций, моделей и звукового сопровождения для реализации различных видов экстремальных ситуаций. Соответственно, потребуется расширение логики приложения (деление на модули и сервисы), а также применение технологий, основанных на мультиагентных системах, чтобы сделать трёхмерную симуляцию экстремальной ситуации наиболее приближенной к реальности. Потребуется применение другого инструментария для разработки и отладки приложения, возможно и другого высокоуровневого языка программирования. Для создания 2D- и 3D-симуляций потребуется среда разработки со встроенным движком, который будет реализовывать физику симуляции: Unity (поддерживает C#), Unreal Engine (поддерживает C++, blueprint).

Расширение возможностей приложения (до уровня 2D и 3D) позволит существенно повысить качество представления пользователем экстремальной ситуацией и довести до автоматизма его действия по принятию и исполнению решений, что крайне необходимо в реальной экстремальной ситуации.

1. Дудырев, Ф. Ф. Симуляторы и тренажеры в профессиональном образовании: педагогические и технологические аспекты / Дудырев, Ф. Ф., Максименкова, О. В. // Вопросы образования / Educational Studies Moscow. – 2020. – № 3.

2. Android Studio. – 2020. – URL: https://developer.android.com/ (дата обращения: 25.10.2020). – Text : Electronic.

РАЗРАБОТКА БРАУЗЕРНОГО РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ АГРЕГИРОВАНИЯ ИНТЕРНЕТ-ЗАКАЗОВ

А.Л. Сорокин
Научный руководитель ***Д.В. Кочкин****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Интернет-торговля – это отрасль, которая весьма динамично развивается во всем мире, не в последнюю очередь благодаря тому, что огромное количество людей получило доступ к высокоскоростному широкополосному интернету. Интернет предоставляет больше возможностей для потенциальных покупателей изучать товары, определять их качество и возможности применения. На данный момент, заказывая товары через интернет-магазины и выбирая один из них, пользователь руководствуется либо отзывами других людей, либо, что чаще всего, предыдущим опытом работы с тем или иным интернет-магазином. В такой ситуации для более точного и достоверного анализа предыдущих покупок пригодится инструмент, собирающий максимальное количество интернет-заказов в едином месте, позволяющий производить некий анализ этих данных и с их помощью делать вывод о работе с тем или иным интернет-магазином.

Современный пользователь на момент создания подобного сервиса с большой долей вероятности уже будет обладать богатой историей подобных интернет-заказов. В связи с этим ему будет крайне трудозатратно вводить вручную всю эту информацию. В таком случае очень полезным дополнением к описываемой системе станет браузерное расширение, в функции которого будет входить автоматический сбор информации о заказах без лишнего участия пользователя.

Браузерное расширение – это специальная мини-программа, позволяющая дополнить функционал браузера новыми полезными функциями и удовлетворить узкоцелевые потребности пользователя [1]. В нашем случае будет реализован следующий сценарий использования: пользователь входит в свою учетную запись на сайте агрегатора интернет-заказов для идентификации пользователя расширением и последующей работой с его данными; после этого пользователь заходит на один из поддерживаемых агрегатором ресурсов интернет-торговли, например сайт «www.dns-shop.ru» – один из самых популярных в России интернет-магазинов техники; далее пользователь заходит на страницу истории заказов данного сайта, открывает расширение и производит сканирование заказов, которое происходит путем поиска на странице необходимых данных. При успешном сборе информации о заказах она передается из расширения на сервер агрегатора интернет-заказов, а оттуда попадает в его

базу данных. Таким образом, без каких-либо серьезных усилий пользователь получает готовый список его заказов на сайте агрегатора.

Внешний вид данного расширения можно увидеть на рисунке.

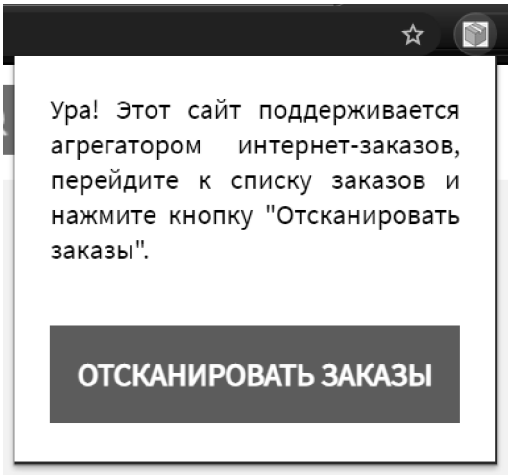


Рис. Внешний вид браузерного расширения

Рассмотрим подробнее, каким именно образом расширение анализирует открытую пользователем страницу и извлекает из неё необходимые данные.

Первым делом при открытии расширение анализирует, на каком сайте находится пользователь в данный момент. Если расширение обнаруживает поддерживаемый для анализа заказов сайт, то эта функция становится активной, если же нет, то расширение сигнализирует об отсутствии таковой возможности.

При наличии возможности анализа расширение извлекает определенный файл cookie сайта-агрегатора. Файл cookie – это небольшой фрагмент текста, передаваемый в браузер с сайта, который посетил пользователь. Этот файл помогает сайту запомнить информацию о пользователе [2], в нашем случае этот файл содержит информацию о текущем пользователе, чтобы при отправке заказов на сервер знать, кому именно их приписывать.

После активации пользователем функции анализа расширение определяет, на какой именно сайт зашел пользователь, и в зависимости от сайта выбирает определенный модуль. Модуль представляет из себя программную функцию для каждого поддерживаемого ресурса, которая применяет уникальный для этого ресурса набор методов извлечения информации.

После того как модуль выбран, расширение использует его для извлечения данных о заказах. Для этого используется объектная модель документа или DOM. DOM предоставляет структурированное представление документа и определяет то, как эта структура может быть доступна из программ, которые могут изменять содержимое, стиль и структуру документа. Представление DOM состоит из структурированной группы узлов и объектов, которые имеют свойства и методы [3]. Другими словами, это дерево элементов, из которых состоит интернет-страница со всеми их свойствами и параметрами.

При анализе этого дерева и извлекается необходимая информация. При этом могут использоваться следующие методы:

- Поиск элементов страницы по определенным классам, например «order-item» для поиска общего элемента заказа.
- Движение по дереву относительно определенного элемента. Движение может осуществляться как по текущему уровню, так и двигаться вглубь или наружу.
- Извлечение текстового содержимого элемента. Таким образом можно извлечь, например, название товара или дату заказа.
- Извлечение из элементов определенного атрибута, например «src» для получения ссылки на изображение товара.

После того как все необходимые данные по каждому заказу собраны, они помещаются в массив, представляющий из себя набор объектов с такими полями, как название, дата заказа, стоимость, ссылка на товар и так далее.

Этот массив и отправляется на сервер, при этом запрос дополняется информацией о пользователе, а также необходимыми служебными данными.

Благодаря вышеописанной последовательности действий, включающей в себя разносторонний анализ данных, предоставляемых браузером, таких как адрес открытого сайта, файлы cookie или дерево элементов страницы, и осуществляется работа расширения. Такое расширение поможет без лишних усилий и временных затрат заполнить историю интернет-заказов пользователя на сайте-агрегаторе и тем самым значительно повысить качество пользовательского опыта.

1. Расширение для браузера – особенности и преимущества. – URL: https://info-comp.ru/browser-extension-features (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

2. Как google использует файлы cookie. – URL: https://policies.google.com/technologies/ cookies?hl=ru (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

3. Что такое Объектная Модель Документа (DOM)? – URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/DOM/ DOM_Reference/Введение (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ КОММУНИКАЦИИ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ НА БАЗЕ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ

А.А. Сытова
Научный руководитель ***Г.А. Сазонова****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Общий тренд применения человеческого прогресса в технологиях – общедоступность и полезность. Одним из самых влиятельных на данный момент примеров является интернет. Применительно к интернету одним из самых ярких моментов можно обозначить создание социальной сети. На текущий момент сложно представить современного человека, идущего в ногу со временем, который не пользовался хотя бы одним из сервисов, работающих по принципу социальной сети.

На примере из жизни обычного человека можно проследить почти ежедневную потребность в общении и обмене информацией не только с близкими, но и в рабочей среде, в осуществлении покупок и простом развлечении. Одним из примеров такой потребности является взаимодействие с государством. Не всегда имеется возможность физически посетить офис того или иного учреждения. В этом случае на помощь приходит интернет, где может быть размещен сайт организации с контактными данными или сама необходимая информация. Шагом навстречу может выступить интеграция организации в уже знакомый пользователю сервис – социальную сеть.

Актуальной темой является применение автоматизации чат-ботов, имеющих возможность анализировать сообщения и отвечать на них, при этом частично облегчая работу сотрудников сообщества.

Целью работы является разработка приложения для коммуникации с пользователями типа чат-бот на базе социальной сети для БУ ВО «Электронный регион» с целью снижения нагрузки на администратора и повышения эффективности обратной связи с пользователями.

БУ ВО «Электронный регион» выполняет множество функций, одной из основных является обеспечение функционирования межведомственных информационных систем области, используемых для предоставления государственных и муниципальных услуг.

До применения автоматизации процессов посредством использования чат-ботов администраторы групп вручную вынуждены обрабатывать все запросы пользователей вне зависимости от степени их сложности и объемов. Ограниченность ресурсов и высокая стоимость человеческого трудового времени приводит к необходимости перехода к автоматизации процессов.

В ходе выполнения работы были рассмотрены виды и функции чат-ботов, обзор задач, которые они решают [1].

На сегодняшний момент существует огромное разнообразие чат-ботов. Некоторые из возможных вариантов: игровые, рекламные, новостные чат-боты; чат-боты для доставок, магазинов, сервисов; чат-боты для консультации и поддержки клиентов.

Чат-боты могут решать следующие задачи: выполнение повторяющихся задач; поддержка круглосуточной обратной связи с пользователем; продажа товаров или услуг; исключение человеческого фактора; интеграция информационных систем.

При проектировании была использована среда визуального моделирования объектно-ориентированных информационных систем Rational Rose, работающая на основе универсального языка моделирования UML. Диаграмма вариантов использования приложения представлена на рисунке 1.

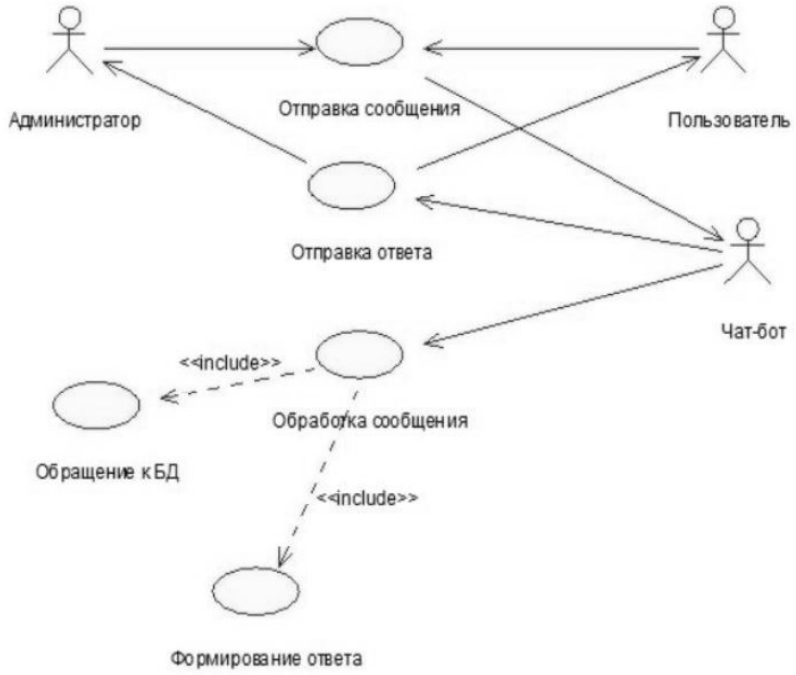


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

В таблице 1 представлен вариант использования «Отправка сообщения».

Таблица 1

Отправка сообщения

Вариант использования	Отправка сообщения
Актер	Администратор, пользователь
Цель	Получение ответа от бота на запрос
Краткое описание	Могут отправлять текстовые сообщения чат-боту
Тип	Базовый

В таблице 2 описан типичный ход событий.

Разработанный бот является как новостным, так и консультационным. Чат-бот включает в себя несколько возможностей.

Для пользователей доступны: ответы на вопросы по ключевым словам; прохождение теста на знание портала госуслуг; возможность оставить запрос на консультацию администратора группы.

Для администратора доступны: рассылка с возможностью приложить фото; статистика; уведомление, если пользователь оставил запрос на консультацию.

Таблица 2

Типичный ход событий

Действия актера	Отклик системы
Администратор отправляет сообщение-команду *Исключение № 1:* Администратор отправляет несуществующую команду	Система выполняет команду, отправленную администратором
Пользователь отправляет сообщение Исключение № 2: Пользователь задает вопрос, которого нет в базе данных Исключение № 3: Пользователь отправляет аудио-, видео-, фото- вложение или документ	Система обрабатывает запрос и отправляет ответное сообщение

Также чат-бот реагирует на выход из группы пользователя, после чего отправляет ему сообщение. Функциональная структура приложения представлена на рисунок 2.

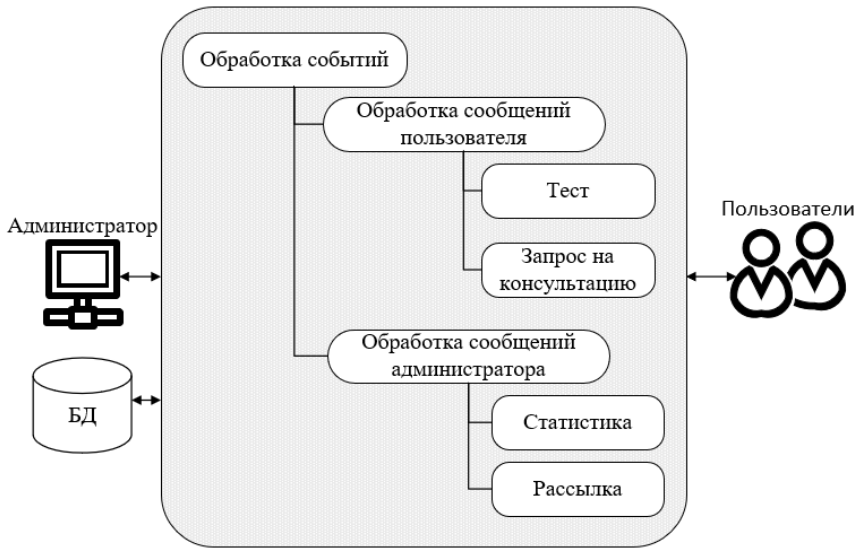


Рис. 2. Функциональная структура приложения

При проектировании приложения использован объектно-ориентированный подход.

При реализации приложения была выбрана социальная сеть Вконтакте по следующим причинам: учреждение имеет свою группу ВКонтакте с 15000 подписчиками. Целевая аудитория для приложения в случае использования социальной сети ВКонтакте уже имеется и нет необходимости заниматься её сбором с нуля, а также на февраль 2019 года Вконтакте занимает первое место в списке наиболее популярных социальных сетей в России, а также является самой популярной социальной сетью во всех возрастных группах [2].

При разработке применялся язык программирования Python, так как он широко применяется в данном направлении программирования, имеет огромное количество библиотек для самых разных задач, имеет поддержку работы с программными интерфейсами команд взаимодействия с социальной сетью ВКонтакте vk api.

Для создания чат-бота был выбран поход Long Poll. При появлении нового события в сообществе сервер возвращает ответ в формате JSON. Возвращаемый объект содержит два поля: номер последнего события и массив, который содержит элементы произошедшего события. Для выполнения каких-либо действий или получения информации используются методы API. Помимо работы с серверами ВКонтакте по получению и отправке сообщений для промежуточной обработки информации и её хранения использованы библиотеки для языка python, такие как matplotlib для формирования статистики в графическом виде и sqlite3 для работы с СУБД SQLite.

Основная нагрузка возложена на систему обработки событий, осуществляющую постоянное наблюдение за происходящим в сообществе. При возникновении ситуации, регистрируемой данным модулем, производится его обработка и в зависимости от типа события выполняются соответствующие действия. Наиболее детально рассматриваются сообщения пользователей, в зависимости от отправителя и содержимого выбирается ответная реакция бота, заготовленная в программе.

Была осуществлена связь программы с серверами социальной сети ВКонтакте через программный интерфейс приложения (API) со стороны сервера и библиотеки vk_api для языка python на стороне бота.

Новизна работы заключается в новом сочетании технологий и средств, используемых для получения результата.

Практическая ценность данной работы заключается в решении нескольких взаимосвязанных проблем: облегчение работы сотрудников, ответственных за сообщество в социальной сети; повышение качества обратной связи с пользователями благодаря оповещению администраторов; повышение возможности оповещения пользователей благодаря функции рассылки.

1. Матвеева, Н. Ю. Технологии создания и применения чат-ботов / Матвеева Н. Ю., Золотарюк А. В. – Текст : электронный // CyberLeninka / КиберЛенинка. – Москва, [2018] – URL: cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-sozdaniya-i-primeneniya-chat-botov (дата обращения: 21.12.2020).

2. Технологичная исследовательская компания Mediascope. Интернет ресурс Mediascope // Mediascope / Mediascope. – URL: mediascope.net (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СТАЛЬКОВШАМИ

Я.М. Трофименко
Научный руководитель ***Е.В. Ершов,*** *д-р техн. наук, профессор*
Череповецкий государственный университет
г. Череповец

Логистика сталеразливочных ковшей в сталеплавильном производстве подчинена цели как можно быстрее доставить жидкую сталь, выданную из конвертера к агрегатам разливки, через агрегаты внепечной обработки стали. Чем быстрее до агрегатов разливки будет доставлена жидкая сталь, тем меньше будет рассеивание тепла и понижение температуры жидкой стали. Кроме того, быстрая доставка до агрегата позволяет уменьшить энергетические затраты на нагрев и доводку стали.

Для определения взаимосвязей и ключевых элементов слежения за стальковшами необходимо составить системную модель транспортной логистики сталеплавильного производства.

В цехах сталеплавильного производства имеются камеры, позволяющие наблюдать за работой тех или иных агрегатов, а также за перемещением сталеразливочных ковшей относительно этих агрегатов. Группы агрегатов можно разделить на несколько участков в зависимости от выполняемых операций, такими участками являются:

- Подготовка стальковшей, где осуществляются операции ремонта, прогрева и осмотра стальковшей в процессе их эксплуатации.
- Выплавка конвертерной стали, где непосредственно осуществляется производство жидкой стали и её разливка по сталеразливочным ковшам для дальнейшего перемещения к другим агрегатам.
- Внепечная обработка, которая может потребоваться в случае, если полученная из конвертера сталь не соответствует параметрам конкретной марки, либо успела охладиться на пути к агрегатам выплавки.
- Разливка конвертерной стали, где происходит разливка жидкой стали и её порезка на слябы.

Все переделы и агрегаты сталеплавильного производства, между которыми перемещают стальковши, относятся к уровню технологии и являются основой для всех остальных уровней.

Над уровнем технологии можно выделить первый уровень автоматизации, на котором расположены контроллеры управления агрегатами. Первый уровень отвечает за получение данных от агрегатов и их отправку в базу данных, находящуюся на втором уровне и содержащую информацию о плавке. Кроме того, данный уровень может осуществлять передачу управляющих сигналов от некоторых систем автоматизации.

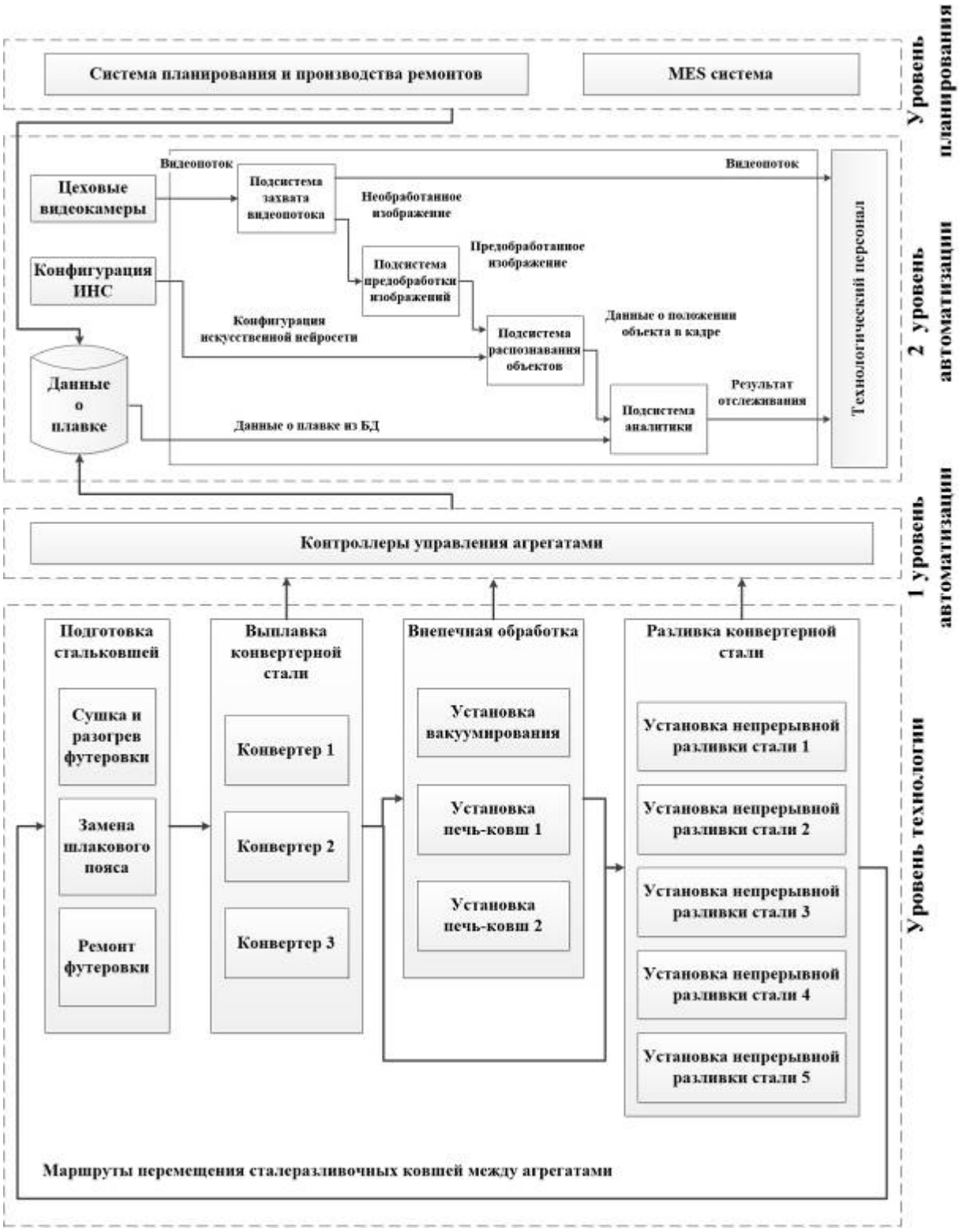


Рис. 1. Системная модель сталеплавильного производства

На втором уровне автоматизации расположены подсистемы системы слежения, отвечающие за получение входной информации базы данных. В базе данных содержится информация о текущих плавках и информация о планируемых плавках и ремонтах агрегатов, задействованных в процессе выплавки и разливки стали. Также на данном уровне расположены цеховые видеокамеры, которые могут быть как включены в сеть IP-видеонаблюдения, так и

взаимодействовать с различными системами напрямую без передачи данных в сеть. Система слежения за стальковшами размещается на данном уровне, что позволяет ей оперативно получать информацию из базы данных, с камер и осуществлять её обработку с последующей выдачей результат технологическому персоналу (рис. 1).

Уровень планирования является верхним уровнем системной модели и содержит в себе данные по планированию, относящиеся к графику плавок, графику ремонтов и т.д. На основе этих данных осуществляется анализ результатов работы подсистем системы слежения для удаления недостоверных данных и ошибочных данных перед формированием результата отслеживания.

Использование искусственных нейронных сетей для обнаружения объектов на изображении позволяет выполнять автоматический анализ видеопотока, поступающего с цеховых камер с последующим определением наличия или отсутствия стальковша в определённой области.

Принцип работы нейросетей основан на автоматическом выделении ключевых признаков объекта относительно фона в процессе обучения. В нашем случае такими объектами являются сталеразливочные ковши. Поскольку для задачи слежения за стальковшами требуется не просто обнаружение объекта в кадре, а определение его положения и отслеживание перемещения, то использование нейросетей архитектуры по типу многослойного персептрона не имеет смысла. Для решения данной задачи подходят свёрточные нейронные сети, обладающие более сложной конфигурацией и высокой точностью распознавания (рис. 2).

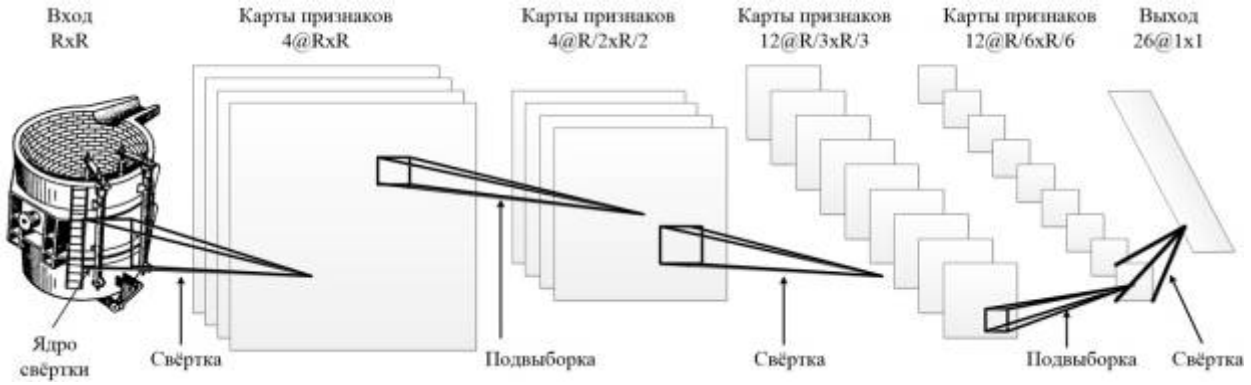


Рис. 2. Структура упрощённой свёрточной нейронной сети в общем виде

На начальном этапе работы свёрточной нейросети происходит выделение признаков в карты признаков – это осуществляется при помощи операции свёртки. Карты признаков представляют с собой массив матриц (тензор), в котором каждый канал отвечает за конкретный признак. Для выделения таких признаков в слое имеются фильтры (ядра), представляющие собой набор тензоров, имеющих один и тот же размер. Количество фильтров определяет глубину выходного 3D-массива, глубина фильтров совпадает с количеством ка-

налов входного изображения, таким образом, если на вход поступает RGB изображение, то свёрточный слой будет содержать в себе фильтры глубиной 3, по количеству цветовых составляющих R, G и B [2].

Математическая модель идентификации стальковшей основана на определении набора признаков, имеющихся в базе данных, по которым можно сопоставить обнаруженный на изображении объект с реальным сталеразливочным ковшом.

Для каждого элемента множества *M* параметров марок стали, выплавляемых в сталеплавильном производстве, имеется набор отдельных непересекающихся подмножеств *O*, представляющих собой набор технологических операций и соответствующих им параметров *S*, необходимых для выплавки требуемой марки стали. Текущие параметры стальковша *P*, не прошедшего идентификацию, относится к подмножеству *N*, принадлежащему множеству *M*.

Множество $M = \{m_1, m_2 \dots m_n\}$ формируется на основе технологических данных, относящихся к выплавляемым маркам стали, используемым в производстве. В свою очередь для каждой марки стали m_n существует свой ГОСТ и наборы технологических инструкций, определяющих процессы выплавки, доводки и разливки. ГОСТ и наборы технологических инструкций в свою очередь формируют подмножества $O = \{o_1, o_2 \dots o_n\}$. При этом каждая отдельная инструкция может описывать набор параметров $S = \{s_1, s_2 \dots s_n\}$, характеризующих возможное состояние стальковша на том или ином участке от выплавки до разливки.

Для каждого перемещения стальковша *P* из подмножества *N* и возможных параметров *S* из подмножества *O*, можно выделить набор признаков $F(S) = \{f_1, f_2, f_3 \dots f_n\}$, которые являются элементами конечного множества перемещений, возможных для стальковша $L = \{l_1, l_2, l_3 \dots l_n\}$. Каждое перемещение из множества *L* представляет собой определённое расстояние внутри цеха, которое должен преодолеть стальковш в процессе эксплуатации в пределах одной плавки. Для каждого перемещения существуют свои пределы значений, обусловленные географией цехов и переделов сталеплавильного производства.

Во время идентификации выполняется проверка соответствия признаков $F(P)$ соответствующим признакам из множества значений признаков $\{F(S), F(S_1) \dots F(S_k)\}$ для каждого конкретного *O*. Для случая, когда значения признаков $F(P)$ соответствуют признакам из множества значений признаков, можно утверждать, что перемещение сталеразливочного ковша относится к одному из подмножеств *O* множества *M*.

1. Vincent Dumoulin, Francesco Visin. A guide to convolution arithmetic for deep learning. 2018. – URL: arXiv:1603.07285v2 (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

2. Long, J., Shelhamer, E., and Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 3431–3440.

3. Статья от компании Axis – лидера на рынке сетевого видео, о проблемах распознавания и идентификации на изобра жениях. – URL: https://www.axis.com/ru-ru/learning/web-articles/identification-and-recognition/ resolution (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО УЧЕТА И АНАЛИЗА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Д.Ю. Фомичев
Научный руководитель ***С.Б. Федотовский****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Метрология – наука, изучающая методы и средства измерений, а также способы обеспечения единства этих измерений. В любой современной организации так или иначе используются средства измерений, и для пользователя важно понимать, что они показывают максимально точную информацию. Для подтверждения правильности работы измерительного прибора регулярно проводится его поверка. На предприятии с большим количеством средств измерений, требующих поверки, создается метрологический отдел, задачами которого являются:

1. Поверка средств измерений.
2. Аттестация испытательного оборудования
3. Ремонт испытательного оборудования и измерительных приборов.
4. Соблюдение исполнения в организации федерального закона № 102 «Об обеспечении единства измерений» [1].

Тема данной статьи – проектирование и разработка автоматизированной системы метрологического учета измерительных приборов для метрологического отдела акционерного общества «Вологодская областная энергетическая компания» (далее АО «ВОЭК»). Данная разработка актуальна, так как на предприятии поверяются приборы как самого предприятия, так и приборы других компаний. В настоящее время информация о поверках заносится на бумагу, что негативно сказывается на скорости работы метрологического отдела, а также на расходе бумаги. Предполагается, что переход на электронную систему позволит ускорить процесс внесения информации, упростит аналитическую работу с этой информацией, а также сведет к минимуму бумажный документооборот.

Цель данной статьи – создание электронной информационной системы документооборота, в которой сотрудники метрологического отдела АО «ВОЭК» смогут вести учет поверяемых приборов, рассчитывать стоимость ремонта этих приборов, получать сметную стоимость ремонта за определенный период, а также формировать необходимые отчеты по имеющейся информации. Задачи, поставленные заказчиком к разрабатываемой системе, следующие:

1. Ведение учета ремонта и поверок измерительных приборов.
2. Наличие возможности хранения паспортов приборов.
3. Возможность хранения нормативной документации.
4. Возможность формирования экономических и метрологических отчетов.

При анализе актуальных на сегодняшний день программных платформ было принято решение реализовать данную информационную систему на базе программного продукта «1С: Предприятие 8.3». Основные преимущества данной программной платформы перед остальными следующие:

1. Удобный интерфейс, знакомый многими по опыту использования «1С: Бухгалтерия».
2. Возможность гибкой настройки пользовательского интерфейса.
3. Возможность редактирования структуры базы данных с учетом требований конкретного предприятия.
4. Низкие системные требования для рабочих станций.

Проектирование и синтез конфигурации происходит в режиме «Конфигуратор», а проектирование форм отчетов происходит при помощи инструмента «Консоль отчетов». С помощью этого инструмента пользователь может также самостоятельно редактировать форму отчета, не заходя при этом в режим «Конфигуратор».

В структуру базы данных входят следующие объекты конфигурации: 6 справочников, 2 вида отчетов и документ, в который будет собираться вся информация. Формы отчетов требуются как для метрологического отдела, так и для бухгалтерии [2]. Графическое отображение структуры информационной системы представлено на рисунке 1.

В режиме 1С «Конфигуратор» разрабатываемую систему необходимо разделить на подсистемы для удобства использования [3]. Система учета и анализа средств измерения АО «ВОЭК» подразделяется на следующие подсистемы:

1. Учет поверок средств измерений.
2. Справочники.
3. Отчеты.
4. Документация

Представление данных подсистем в режиме отладки системы «1С: Предприятие 8.3» показано на рисунке 2.

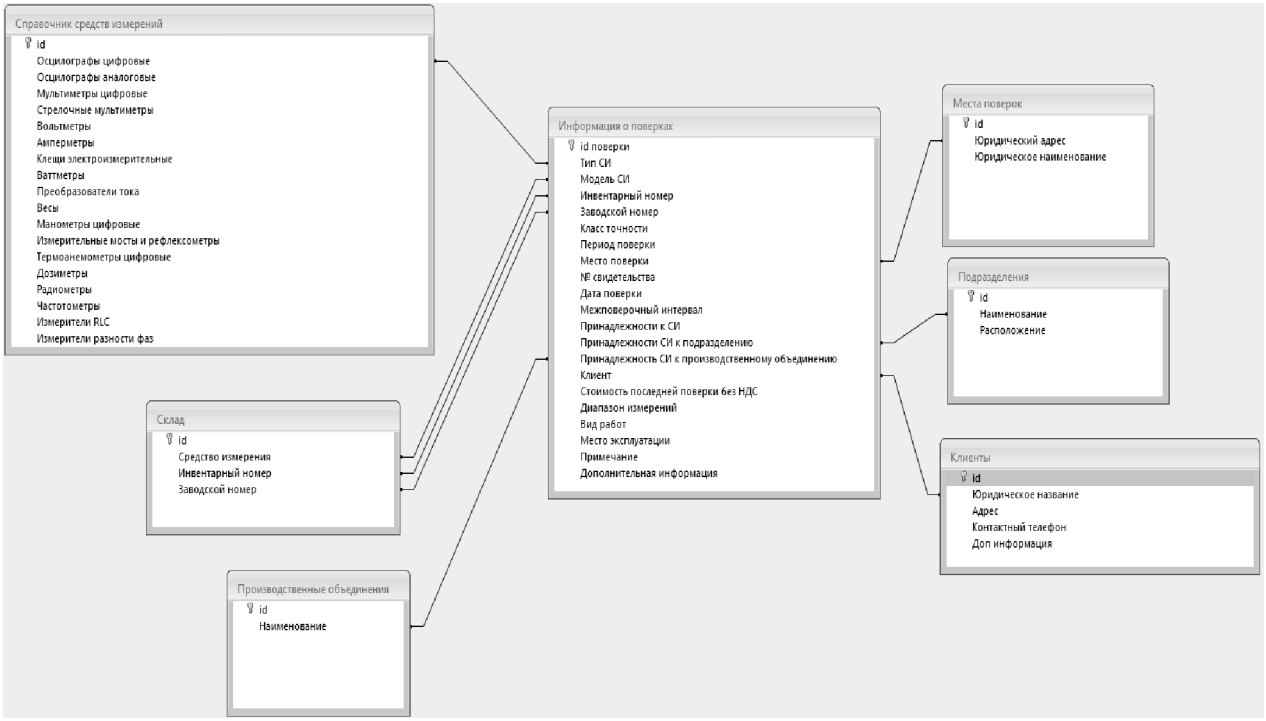


Рис. 1. Структура базы данных разрабатываемой информационной системы

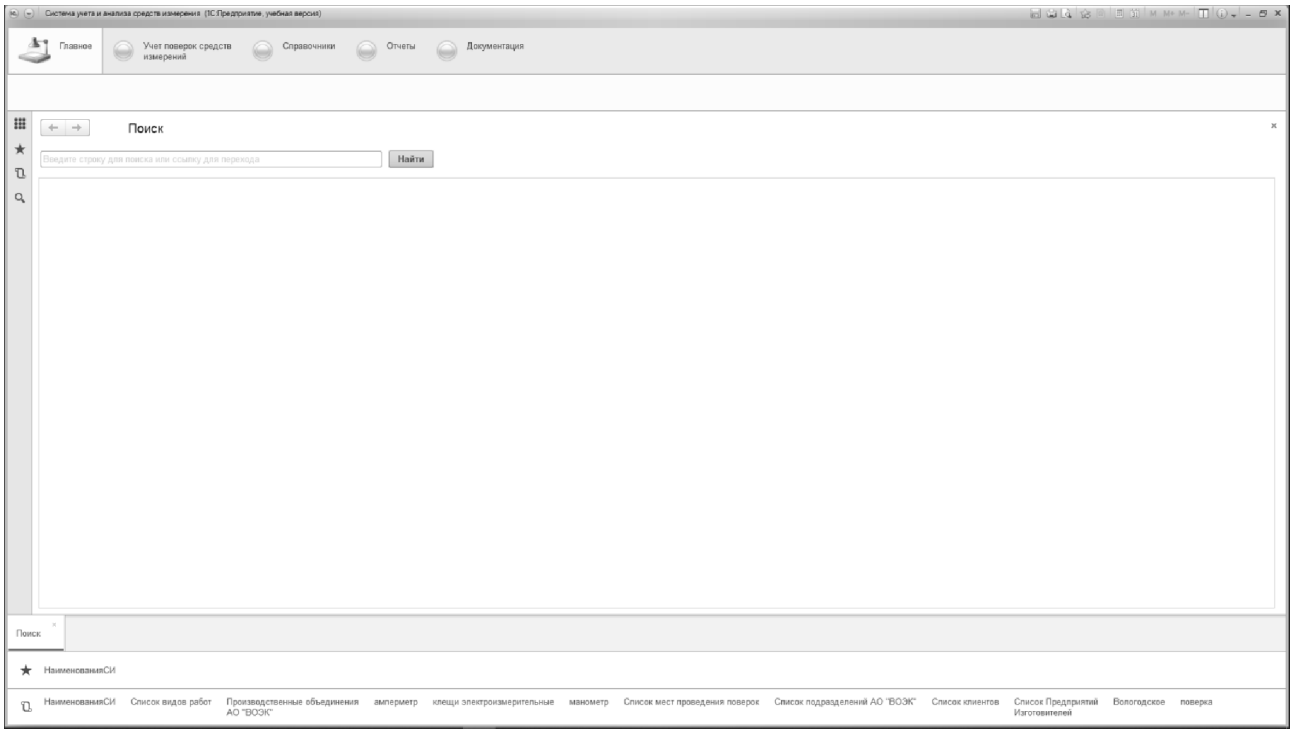


Рис. 2. Подсистемы конфигурации «Система учета и анализа средств измерений»

Для создания справочников в режиме «Конфигуратор» предусмотрен специальный объект конфигурации «Справочники». В этих объектах настраиваются тип справочника (простой справочник, справочник с табличной частью, иерархический справочник, справочник с предопределенными элементами), реквизиты справочника, наименования табличных частей, а также тип

данных содержимого справочника [4]. Например, параметры справочника измерительных приборов следующие:

1. Тип справочника – иерархический.
2. Реквизиты – стандартные.
3. Табличные части – наименование СИ (Длина кода – 9, длина наименования – 50).
4. Тип данных – строка.

В режиме отладки данный справочник будет выглядеть, как показано на рисунке 3.

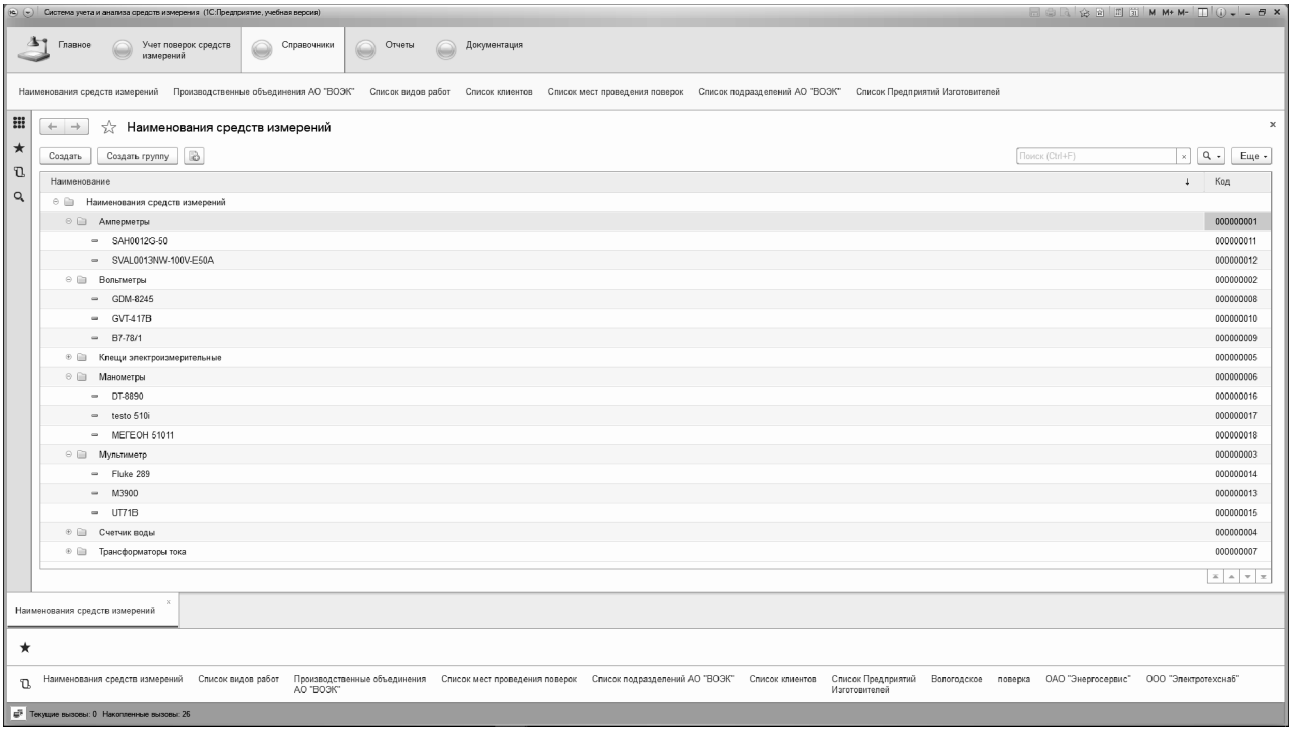


Рис. 3. Иерархический справочник «Наименования средств измерений»

В данный момент идет разработка формы документа, в который будет заноситься вся информация о поверках и ремонте, а также синтез форм экономического и метрологического отчетов. Внедрение данной системы позволит значительно повысить скорость работы метрологического отдела предприятия АО «ВОЭК» за счет сведения к минимуму бумажной работы, а также возможности формировать различные отчеты по требующимся параметрам.

1. Об обеспечении единства измерений : Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ // СЗ РФ. – 2008.

2. О бухгалтерском учете : Федеральный закон от 21.11.1996 N 129-ФЗ // СЗ РФ. – 2012.

3. Алексеев, А. 1С: Предприятие 8.2. Руководство администратора / А. Алексеев. – Москва : 1С, 2009. – 478 с.

4. Радченко, М. Г. 1С: Предприятие 8.3 Практическое пособие разработчика / М. Г. Радченко, Е. Ю. Хрусталева. – Москва : 1С-Паблишинг, 2013. – 963 с.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ МЕТОДОМ PROMETHEE

А.Д. Христодуло
Уфимский государственный авиационный технический университет
г. Уфа

Задача – поступление в магистратуру вуза. Представим, что направление обучения уже определено – информатика и вычислительная техника – и осталось выбрать вуз.

Цель – выбрать достойный вуз, который подходил бы под следующие критерии:

- доступная цена в случае не прохождения на бюджет (за полугодие);
- место в рейтинге технических вузов по России («Национальное признание»: лучшие вузы 2019);
- возможность получения двойных дипломов на выбранной специальности;
- наличие общежития на территории вуза/близость к дому;
- трудоустройство выпускников по выбранной специальности;
- трудоустройство в целом в городе вуза;
- проходной балл на бюджет;
- удобное расписание.

Условия выбора вуза были определены следующим образом:

1. Говоря о цене, за допустимое значение принимается сумма не более 50000 за полугодие.

2. Рейтинг вуза не должен опускаться ниже пятидесятого места.

3. На выбранной специальности обязательно должна быть возможность поездки заграницу с целью получения двойного диплома.

4. Общежитие хорошо было бы иметь на территории вуза, если речь идет о Москве, а в случае родного города – дорога до вуза предположительно не должна занимать более получаса.

5. Выпускники вуза должны иметь хорошее трудоустройство.

6. Проходной балл не должен быть слишком завышенным, а занятия желательно проводить в вечернее время.

Были выбраны три альтернативы:

- Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ), местоположение – Уфа;
- Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ «МИФИ»), местоположение – Москва;
- Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Все университеты пользуются большой популярностью среди абитуриентов, но так как вузы находятся в разных городах, выбор наилучшей альтерна-

тивы несколько усложняется в виду различия городов, а конкретно – ситуации на рынке труда в Уфе и Москве.

Для решения задачи мной был выбран метод Promethee, так как он является достаточно простым и позволяет выстроить рейтинг альтернатив, что как раз и требуется для решения поставленной мной задачи [1]. Даны множества альтернатив и критериев, которые указаны выше.

Алгоритм решения следующий:

- парные сравнения альтернатив по каждому критерию;
- вычисление мер предпочтения по критериям;
- вычисление положительных, отрицательных и чистых оценок.

Итак, приступим к решению задачи выбора вуза методом Promethee. Исходные данные представлены в таблице 1. Веса критериев заданы: $w_1 = 0{,}1, w_2 = 0{,}1, w_3 = 0{,}2, w_4 = 0{,}1, w_5 = 0{,}2, w_6 = 0{,}1, w_7 = 0{,}1, w_8 = 0{,}1$.

Таблица 1

Исходные данные для выбора вуза

Альтернативы	вузы	Цена (т.р.) f_1	Рейтинг f_2	Дв. дипломы f_3	Общежитие / близость к дому f_4	Трудоустройство вуза (%) f_5	Трудоустройство в городе (%) f_6	Проходной балл f_7	Расписание f_8
a_1	УГАТУ	65	35	1	0	0,4	0,6	70	1
a_2	НИЯУ «МИФИ»	34	6	0	1	0,6	0.85	285	0
a_3	УГНТУ	31	5	0	0	0,3	0,6	65	0

Шаг 1. Требуется проранжировать данные вузы по всем выбранным критериям (табл. 2–9):

Таблица 2

Разница между оценками альтернатив по критерию «Цена»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	31	34
a_2	-31	0	3
a_3	-34	-3	0

Таблица 3

Разница между оценками альтернатив по критерию «Рейтинг»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	29	30
a_2	-29	0	1
a_3	-30	-1	0

Таблица 4

Разница между оценками альтернатив по критерию «Двойные дипломы»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	1	1
a_2	-1	0	0
a_3	-1	-1	0

Таблица 5

Разница между оценками альтернатив по критерию «Общежитие/близость»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	-1	0
a_2	1	0	1
a_3	0	-1	0

Таблица 6

Разница между оценками альтернатив по критерию «Трудоустройство вуза»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	-0,2	0,1
a_2	0,2	0	0,3
a_3	-0,1	-0,3	0

Таблица 7

Разница между оценками альтернатив по критерию «Трудойстройство в городе»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	-0,25	0
a_2	0,25	0	0,25
a_3	0	-0,25	0

Таблица 8

Разница между оценками альтернатив по критерию «Проходной балл»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	-215	5
a_2	215	0	220
a_3	-5	-220	0

Таблица 9

Разница между оценками альтернатив по критерию «Расписание»

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	1	1
a_2	-1	0	0
a_3	-1	-1	0

Шаг 2. Находим значения функций предпочтения для полученных разностей (табл. 10), при том 0 – разница несущественна, 1 – существенна.

Таблица 10

Значения функций предпочтения

Цена		a_1	a_2	a_3
	a_1	0	1	1
	a_2	1	0	0
	a_3	1	0	0
Рейтинг	a_1	0	1	1
	a_2	1	0	0
	a_3	1	0	0
Двойные дипломы	a_1	0	1	1
	a_2	1	0	0
	a_3	1	1	0
Общежитие/дорога	a_1	0	1	0
	a_2	1	0	1
	a_3	0	1	0
Трудоустр-во вуза	a_1	0	0	0
	a_2	0	0	0
	a_3	0	0	0
Трудоустр-во города	a_1	0	0	0
	a_2	0	0	0
	a_3	0	0	0
Проходной балл	a_1	0	1	0
	a_2	1	0	1
	a_3	0	1	0
Расписание	a_1	0	1	1
	a_2	1	0	0
	a_3	1	1	0

Шаг 3. Вычисление индексов предпочтения для каждой альтернативы (табл. 11)

Таблица 11

Индексы предпочтения для каждой альтернативы

	a_1	a_2	a_3	Ф+
a_1	0	0,7	0,5	1,2
a_2	0,7	0	0,2	0,9
a_3	0,5	0,5	0	1
Ф-	1,2	1,2	0,7	

Шаг 4. Вычисление положительных, отрицательных и чистых оценок.

$$Ф(a_1) = Ф+(a_1) – Ф-(a_1) = 1,2-1,2 = 0;$$
$$Ф(a_2) = Ф+(a_2) – Ф-(a_2) = 0,9-1,2 = -0,3;$$
$$Ф(a_3) = Ф+(a_3) – Ф-(a_3) = 1-0,7 = 0,3.$$

Результат ранжирования альтернатив:

- УГНТУ;
- УГАТУ;
- НИЯУ «МИФИ».

Итак, после использования метода Promethee был составлен рейтинг вузов, в результате которого была определена лучшая альтернатива из трех.

Результатом принятия решения является вуз УГНТУ.

1. Агадуллина, А. И. Методы и алгоритмы принятия решений в примерах и задачах: учебное пособие / А. И. Агадуллина, О. Ф. Зотова, М. А. Николаева ; Уфимский государственный авиационный технический университет. – Уфа : РИК, 2017. – 140 с.

КОМПЛЕКС ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ JASON

Д.А. Чугреев

Научный руководитель ***А.Н. Швецов****, д-р техн. наук, профессор*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Проблема создания инструментальных средств мультиагентных систем весьма интенсивно исследуется в последние годы. Изучением данной проблемы занимается множество научно-исследовательских и образовательных учреждений, коммерческих организаций, промышленных предприятий [1].

На кафедре автоматики и вычислительной техники Вологодского государственного университета активно используются системы мультиагентного моделирования и средства разработки мультиагентных систем. Изучение

МАС является частью образовательной подготовки студентов бакалавриата по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии.

Целью данной работы является разработка комплекса лабораторных работ по изучению языка программирования мультиагентных систем Jason. Объектом исследования является процесс создания комплекса лабораторных работ.

Исходя из поставленной цели были выделены следующие задачи: провести анализ предметной области; сравнить инструментальные средств разработки мультиагентных систем; разработать структуру комплекса лабораторных работ; сформировать электронное пособие по выполнению лабораторного практикума.

Несмотря на то, что термин «агент» активно используется многими людьми, работающими в тесно связанных областях компьютерных наук, на сегодняшний день не было принято единого определения для данного термина.

Воспользуемся одним из самых популярных определений для данного термина. Агент есть аппаратная/программная система, обладающая следующими свойствами [2]:

– *автономность*: агенты работают без прямого участия человека и имеют контроль над своими действиями;

– коммуникабельность: агенты взаимодействуют между собой с помощью специального языка, подчиняясь определенным правилам поведения;

– *реактивность*: агенты воспринимают окружающую их среду и своевременно реагируют на происходящие в ней изменения;

– *активность*: агенты способны показывать целенаправленное поведение, проявлять инициативу.

Для программной реализации мультиагентых систем используются специализированные инструменты, совмещающие в себе средства программной реализации агентов и окружающей среды, средства контроля и управления процессом их деятельности. Такие системы называются *агентными платформами* [3].

Выделим несколько известных проектов из многочисленного ряда инструментальных систем, подходящих для решения подобных задач: NetLogo, JADE, Jason, GAMA, Janus и проведем их сравнение (табл.). В качестве оценки будем использовать пятибалльную шкалу.

Таблица

Сравнение мультиагентных платформ

	NetLogo	Jason	JADE	GAMA	Janus
Область применения	4	5	5	4	5
Расширяемость кода	3	5	5	4	5
Документация	4	4	3	4	4
Легкость освоения	4	4	3	3	4
Наличие учебной литературы	5	5	1	1	1
Наличие собственной IDE	5	5	1	1	5
Σ	25	28	18	17	24

Исходя из результатов оценки агентных платформ для разработки лабораторного комплекса, было решено использовать инструментальное средство Jason версии 2.4. Отсутствие поддержки русского языка не является критической проблемой, а вышеописанные преимущества данного программного обеспечения хорошо подходят для его использования в образовательных целях.

В ходе кропотливого сбора, изучения и анализа теоретических источников, а также тщательной переработке материалов была разработана структура комплекса лабораторных работ, схема которой представлена на рисунке. Лабораторные работы по изучению языка программирования Jason включают в себя следующия темы:

1. Лабораторная работа № 1: «Установка инструментального комплекса для изучения языка программирования Jason».
2. Лабораторная работа № 2: «Простые сообщения».
3. Лабораторная работа № 3: «Модель убеждений, желаний и намерений».
4. Лабораторная работа № 4: «Изучение окружающей среды языка Jason».
5. Лабораторная работа № 5: «Робот-доставщик».

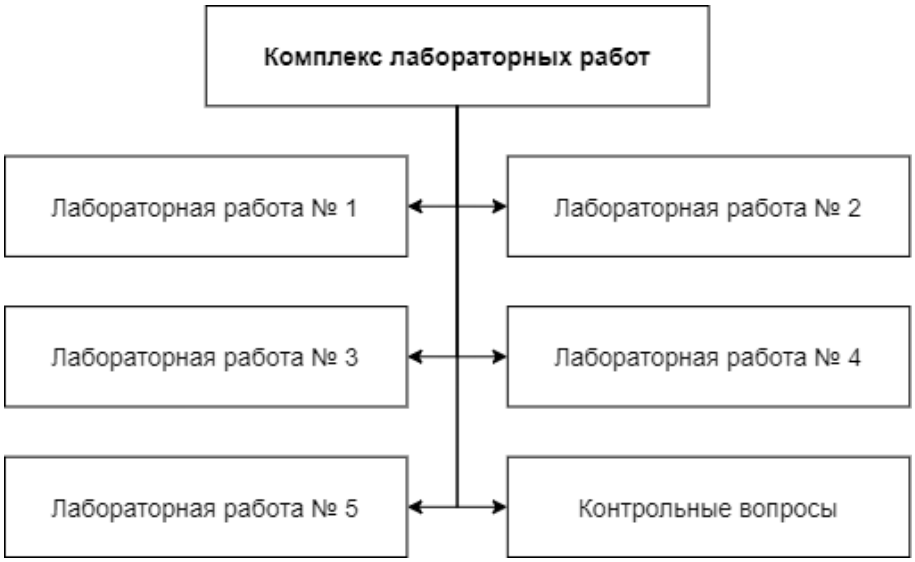


Рис. Структура лабораторного комплекса

В первой лабораторной работе студенты детально изучат процесс установки и настройки платформы Jason, а также ознакомятся со встроенной средой разработки.

Во второй лабораторной работы студенты детально изучат поведение программных агентов, а также научаться создавать простые мультиагентные системы.

Третья лабораторная работа направлена на изучение студенами модели убеждений, желаний и намерений (BDI-модель).

В ходе четвертой лабораторной работы студенты довольно детально изучат окружающую среду Jason, научаться создавать файлы среды, а также изучат МАС, состоящую из двух агентов.

Во время выполнения пятой лабораторной работы студенты детально изучат и дополнят модель робота-доставщика.

Процесс выполнения работ подробно описан простым и доступным языком, что значительно облегчает процесс усвоения материала, ускоряя процесс выполнения лабораторных работ.

Электронное пособие по выполнению лабораторных работ было реализовано в виде электронного документа формата PDF, который является международным стандартом [2].

На сегодняшний день был разработан комплекс лабораторных работ по изучению языка программирования МАС Jason. Комплекс состоит из пяти лабораторных работ, электронного пособия, а также дополнительных материалов, необходимых для их выполнения. Планируется расширение комплекса за счет добавления новых лабораторных работ и системы контроля усвоения знаний в виде тестов.

Данный лабораторный комплекс можно использовать в процессе обучения студентов Вологодского государственного университета по направлениям подготовки бакалавриата 09.03.02 Информационные системы и технологии и магистратуры 09.04.02 Информационные системы и технологии.

1. Швецов, А. Н. Агентно-ориентированные системы: методологии проектирования / А. Н. Швецов – Вологда : ВоГУ, 2016. – 192 с.

2. Wooldridge, M. Intelligent Agents: Theory and Practice / M. Wooldridge, N. Jennings // The Knowledge Engineering Review. – 1995. – Vol. 10, № 2. – P. 115–152.

3. Зайцев, И. Д. Многоагентные системы в моделировании социально экономических отношений: исследование поведения и верификация свойств с помощью цепей Маркова : специальность 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах»: диссертация на соискание степени кандидата технических наук / Зайцев Иван Дмитриевич ; Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН — Новосибирск, 2014. – 142 с.

4. ISO 32000-1:2008 Document management – Portable document format – Part 1: PDF 1.7 : официальный сайт – URL: https://www.iso.org/ru/standard/51502.html (дата обращения: 21.12.2020). – Text : Electronic.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИСР ПРОЕКТА

Д.А. Чукалова
Научный руководитель ***А.М. Полянский****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

При планировании программного проекта любой сложности необходимо рассчитать трудоемкость разработки программного продукта в целом и распределить её по пакетам работ. Эти расчеты дают возможность определить потребности предприятия в ресурсах (людских, финансовых и материальных), которые будут вложены в проект, и его длительность. В ходе работы над магистерской диссертацией было принято решение разработать автоматизированное рабочее место для работ по планированию программных проектов с использованием доступных программных продуктов. Целью магистерской работы является разработка методики совместного использования программных продуктов для планирования и управления проектами и сервисов расчёта трудоемкости проектных работ и интеграция их в единую систему в рамках АРМ. Одним из компонентов системы является программный модуль для конструирования иерархической структуры работ (далее – ИСР) проекта.

Актуальность представленного в настоящей статье исследования заключается в том, что программный модуль для построения ИСР позволит на основе данных из стандартов проектного менеджмента и экспертных оценок относительной трудоёмкости отдельных видов работ сформировать ИСР проекта, которая вместе с оценкой общей трудоёмкости проекта передаётся в среду планирования проектов MS Project для формирования последовательности проектных работ и расчёта основных параметров программного проекта.

Задачи исследования:

- предложить методику автоматизированного формирования ИСР проекта на основе рекомендаций стандартов проектного менеджмента;
- разработать программный модуль, позволяющий с минимальными затратами труда менеджера проекта формировать ИСР, задавать параметры и получать результаты расчётов трудоёмкости отдельных видов работ.

На входе программного модуля мы имеем стандартную иерархию последовательности, видов деятельности и задач процессов управления программными проектами, регламентированную ГОСТ Р ИСО 21500-2014 «Руководство по проектному менеджменту» и ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств». В среде модуля менеджер проекта строит иерархию работ до отдельных задач стандартных процессов с определением признаков их взаимосвязей и относительной трудоемкости. Далее эти

работы объединяются в пакеты по признакам взаимосвязи и единства исполнителя. После распределения расчётной трудоемкости проекта по пакетам работ на выходе модуля получаем иерархию пакетов работ, эти пакеты экспортируются в MS Project для окончательного формирования плана-графика проекта. Программный модуль должен выполнять следующие функции:

- отображение данных сохраненного проекта;
- файлы на входе и выходе модуля должны быть формата .doc;
- формирование пакетов работ проекта;
- назначение относительной трудоемкости каждой работы/пакета проекта;
- возможность добавления собственных видов работ в проект;
- присвоение каждому пакету исполнителя с соответствующей квалификацией;
- указание исполнителя той или иной работы;
- указание связей между работами;
- распределение значения общей расчётной трудоемкости по работам и пакетам работ в соответствии с оценкой относительной трудоёмкости.

Для разработки модуля выбран язык программирования C#. С помощью Windows Form возможно разработать интуитивно понятный интерфейс, который будет прост в освоении пользователям. На рисунке 1 представлена структура данных в табличной в форме, в которой будет оформляться ИСР.

	№п/п	Название этапа	Соотношение работ	Количество дней на этап	Коментарии	Квалификация исполнителя задачи
*						

Рис. 1. Структура данных

На рисунке 2 представлены этапы работы над программным проектом по ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010, при нажатии на кнопку «Добавить в таблицу выбранные этапы» отмеченные этапы будут занесены в структуру данных, представленную выше.

После добавления работ в табличную форму, мы можем посмотреть, как это будет выглядеть в структуре данных, представленной на рисунке 3.

После передачи результата и синхронизации в MS Project структура данных преобразуется в вид, представленный на рисунке 4.

На данный момент исследования получены следующие результаты:

- выработана методика автоматизированного формирования ИСР проекта;
- определена функциональность разрабатываемого ПО;
- разработаны интерфейсные решения программного модуля;
- частично реализован в коде функционал модуля.

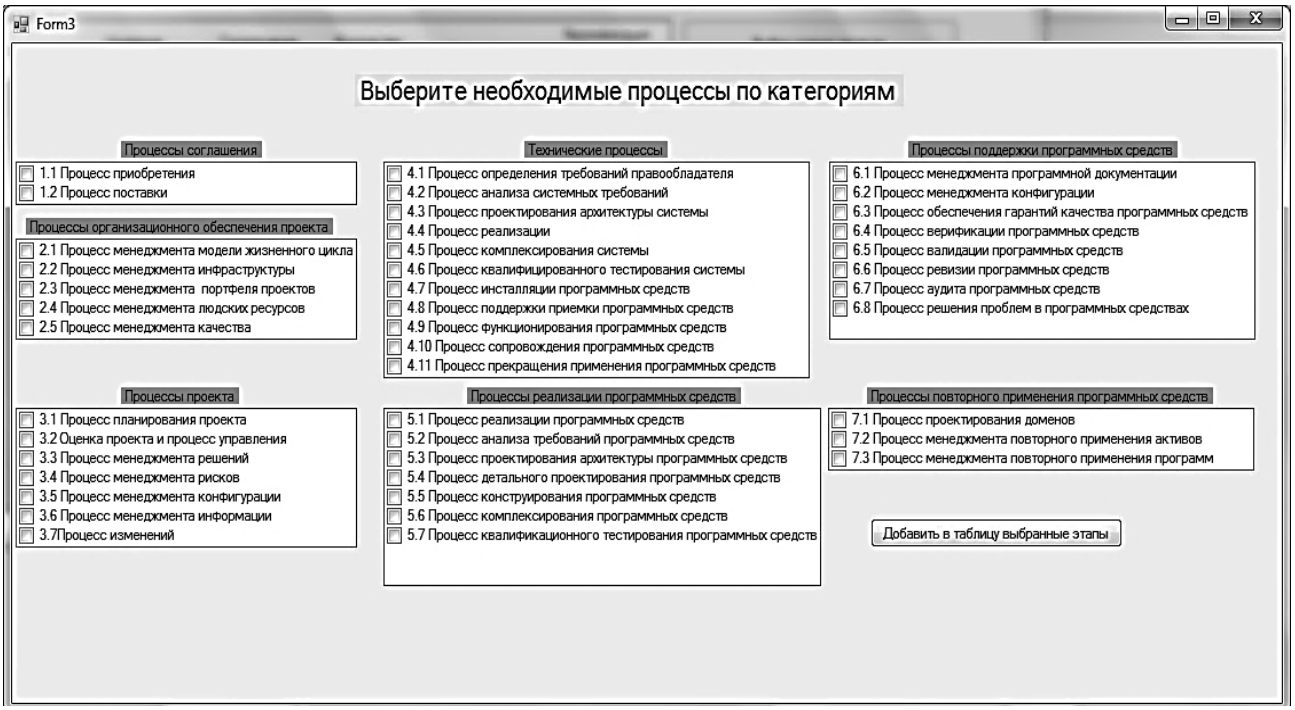


Рис. 2. Форма выбора необходимых процессов по категориям

	№п/п	Название этапа	Соотношение работ	Количество дней на этап	Коментарии	Квалификация исполнителя задачи
	1	1.1 Процес приобретения	0.3	14		2
	2	2.2 Процесс менеджмен...	0.5	23		2
▶	3	3.6 Процесс менеджмен...	0.2	10		1

Рис. 3. Заполненная структура данных

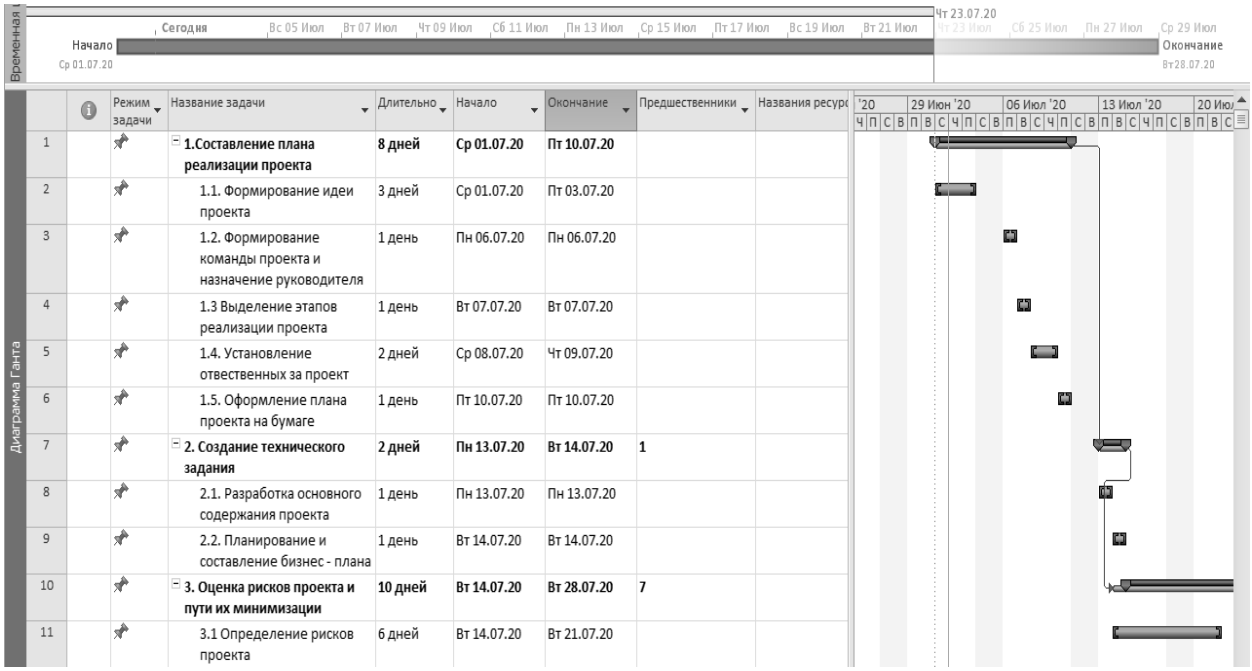


Рис. 4. Оформление ИСР в MS Project

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств : введен 2011-03-01. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 104 с.

2. Чукалова, Д. А. Управление производством программных продуктов: интеграция инструментов планирования / Чукалова Д. А., Полянский А. М. // Девятые чарновские чтения. Сборник трудов IX Всероссийской научной конференции по организации производства. – Москва : Контроллинг и управленческие инновации МГТУ им. Н.Э.Баумана, НП Объединение контроллеров, 2020. – С. 127–134.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ

Е.В. Шеркунов
Научный руководитель ***С.Ю. Ржеуцкая****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Объектом данного исследования является процесс адаптивного обучения. Предмет исследования – алгоритмы адаптивного обучения, в том числе основанные на применении средств искусственного интеллекта. Целью данной работы является повышение эффективности обучения за счет адаптации учебных материалов к индивидуальным особенностям обучающихся.

Практической задачей, которая будет решена в ходе исследования, является разработка дистанционного адаптивного учебного пособия по дисциплине «Базы данных». Данное пособие будет полезно как студентам, которые смогут получить с помощью разработанного сайта новые знания, либо закрепить уже имеющиеся, так и преподавателям, которые смогут следить за работой и успеваемостью студентов. В случае, если знания далеки от хороших, будут даваться дополнительные материалы, которые позволят закрыть огрехи в изучении материала. Помимо всего, сайт будет подстраиваться под каждого пользователя в зависимости от его успеваемости.

Простота и удобство дизайна, а также функционал позволят выделиться среди других проектов и занять лидирующие позиции в своей нише.

Большинство сайтов, которые помогают студентам в освоении программы, носят статический характер. Чаще всего это текст, который размещён на странице документа. После прочтения данного материала у студента нет возможности проверить свои знания. Все это свидетельствует о том, что данное направление развито не совсем идеально и если в процессе работы мы преподнесем что-то новое, то оно займет хорошее место в данной предметной области.

В дальнейшем одной из главных задач будет настройка искусственного интеллекта [1], а также перенос данного сайта на виртуальный хостинг или сервер. Все это обеспечит прирост пользователей, так как данное пособие бу-

дет доступно не только студентам вуза, но и всем пользователям, которые имеют выход в интернет.

На данном этапе разработки адаптивного учебного пособия мною создан дизайн сайта и схема базы данных, а также реализована возможность регистрации и авторизации пользователя, возможность пользователя проверить свои знания путем решения теста по представленному материалу. Реализовав работу личного кабинета и тестов по представленному материалу, мы по аналогии сможем добавить и другие пункты к данному учебному пособию.

Помимо этого, мною был реализован алгоритм выбора учебного материала в зависимости от результатов тестирования. Рассмотрим данный алгоритм поэтапно.

Изучение каждой темы начинается с тестирования входных знаний по данной теме. Входной тест по каждой теме состоит из нескольких вопросов, которые позволят оценить начальный уровень знания темы как высокий, средний или низкий. Уровень входных знаний определяет как подбор учебного материала, так и тесты для текущего и итогового контроля. В тестах используются вопросы разного уровня сложности – сложные, средние, легкие. В зависимости от уровня знаний пользователя их баланс в тесте меняется.

Пользователям с высоким уровнем входных знаний подбираются тестовые вопросы для текущего контроля, имеющие высокий или средний уровень сложности. Помимо стандартного учебного материала предоставляется дополнительный материал по теме для саморазвития.

Пользователям со средним уровнем входных знаний предоставляются стандартные материалы с небольшим количеством дополнительных материалов и тесты с преобладанием вопросов средней сложности.

Пользователям с низким уровнем усвоения знаний предоставляется стандартный материал и базовые тесты, которые состоят из простых вопросов.

После изучения материала каждой темы пользователь проходит итоговое тестирование по этой теме. К изучению последующей темы допускаются пользователи, которые имеют средний уровень усвоения знаний по предыдущей теме.

В тестах присутствуют как вопросы с выбором одного варианта ответа, так и нескольких вариантов.

Вопросы с выбором одного варианта ответа оцениваются стандартно: если ответ правильный, то ставится единица, если не правильный, то ноль.

В вопросах, в которых нужно выбрать несколько вариантов ответа, два балла ставится, если все ответы выбраны правильно и не выбрано лишних. Если присутствует одна ошибка, то ставится один балл. Если допущено более одной ошибки, ставится ноль баллов.

После решения теста подсчитывается количество баллов и выводится уровень усвоения знаний пользователя. Высокий, средний, низкий уровень ставится в зависимости от процента правильных ответов, граничные значения процентов задаются в настройках теста.

Сайт создается при помощи таких языков программирования, как php, css, html, js. Вся основная информация, начиная с регистрации и заканчивая учебным материалом, хранится в базе данных под управлением СУБД MySQL на локальном сервере xampp [2].

Схема базы данных представлена на рисунке.

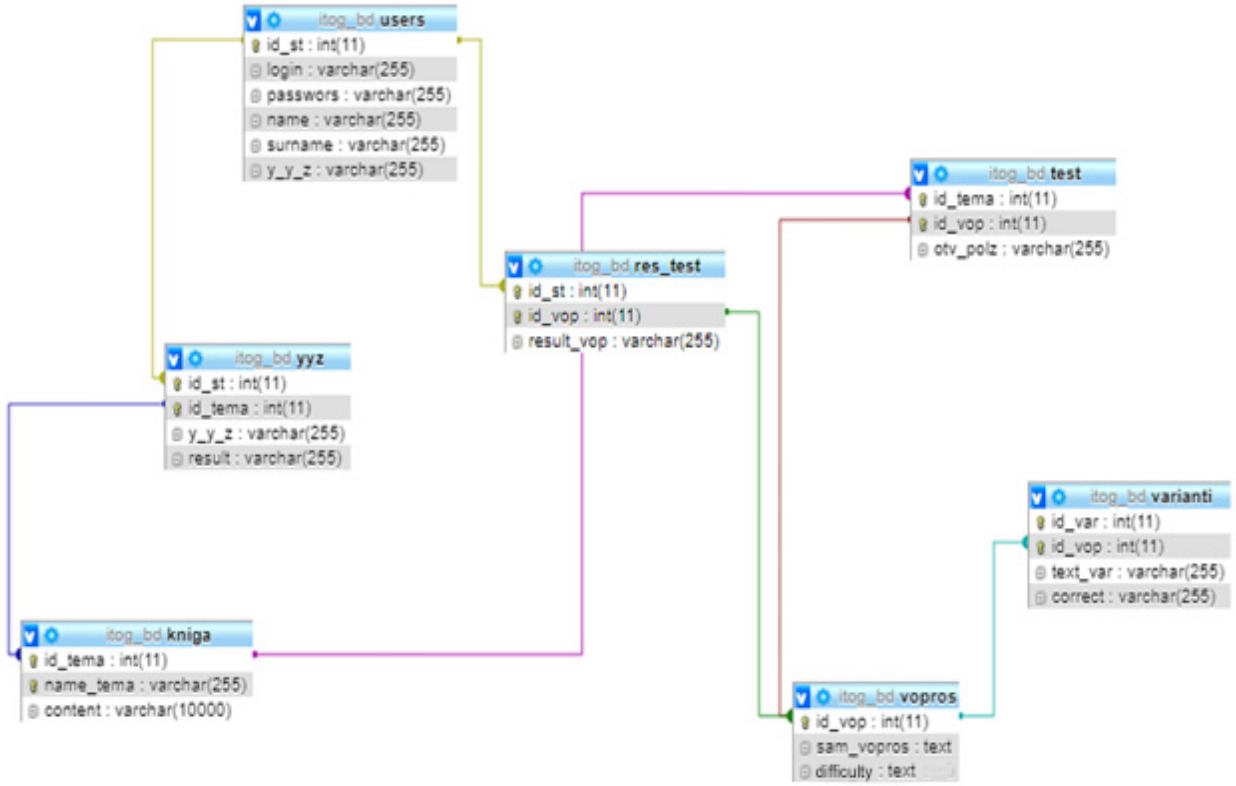


Рис. Схема базы данных

База данный состоит из семи таблиц. В таблице “users” хранятся регистрационные данные. В таблице “yyz” содержится информация об уровне усвоения знаний пользователем. В таблице “kniga” содержится весь учебный материал, который представлен в учебном пособии. Таблица “vopros” содержит формулировку самих вопросов и их уровень сложности. Таблица “varianti” содержаться варианты ответов по вопросам, а также правильные ответы. В таблице “test” содержится номера вопросов, которые использованы в тесте. В таблице “res_test” хранятся ответы пользователя.

Разработанное адаптивное учебное пособие найдёт применение при обучении дисциплинам «Базы данных» и «Управление данными» студентов ИТ-направлений. Результаты, полученные в ходе исследования, можно будет применить и при разработке других адаптивных учебных материалов.

1. Ржеуцкая, С. Ю. Способ автоматического подбора учебно-тренировочных заданий в информационной среде обучения студентов ИТ-направлений / Ржеуцкая С. Ю., Харина М. В. // Открытое образование. – 2020. – Т. 24, № 2. – С. 17–28.

2. Веб-программирование : информационный портал – URL: http://web-grafika.pro/ (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

Г.И. Ярмухаметова
Научный руководитель ***Н.О. Никулина****, канд. техн. наук, доцент*
Уфимский государственный авиационный технический университет
г. Уфа

Процесс получения образования тесно связан с деятельностью человека на протяжении всей его жизни. Как известно, существуют несколько уровней образования: дошкольное образование, начальное общее образование, основное общее образование и другие. Важной и заключительной ступенью в процессе получения образования является профессиональное образование, которое осуществляется в профессиональных образовательных учреждениях, основной деятельностью которых является реализация профессиональных образовательных программ начального, среднего, высшего и послевузовского образования. Классификация профессиональных образовательных учреждений изображена на рисунке [1].

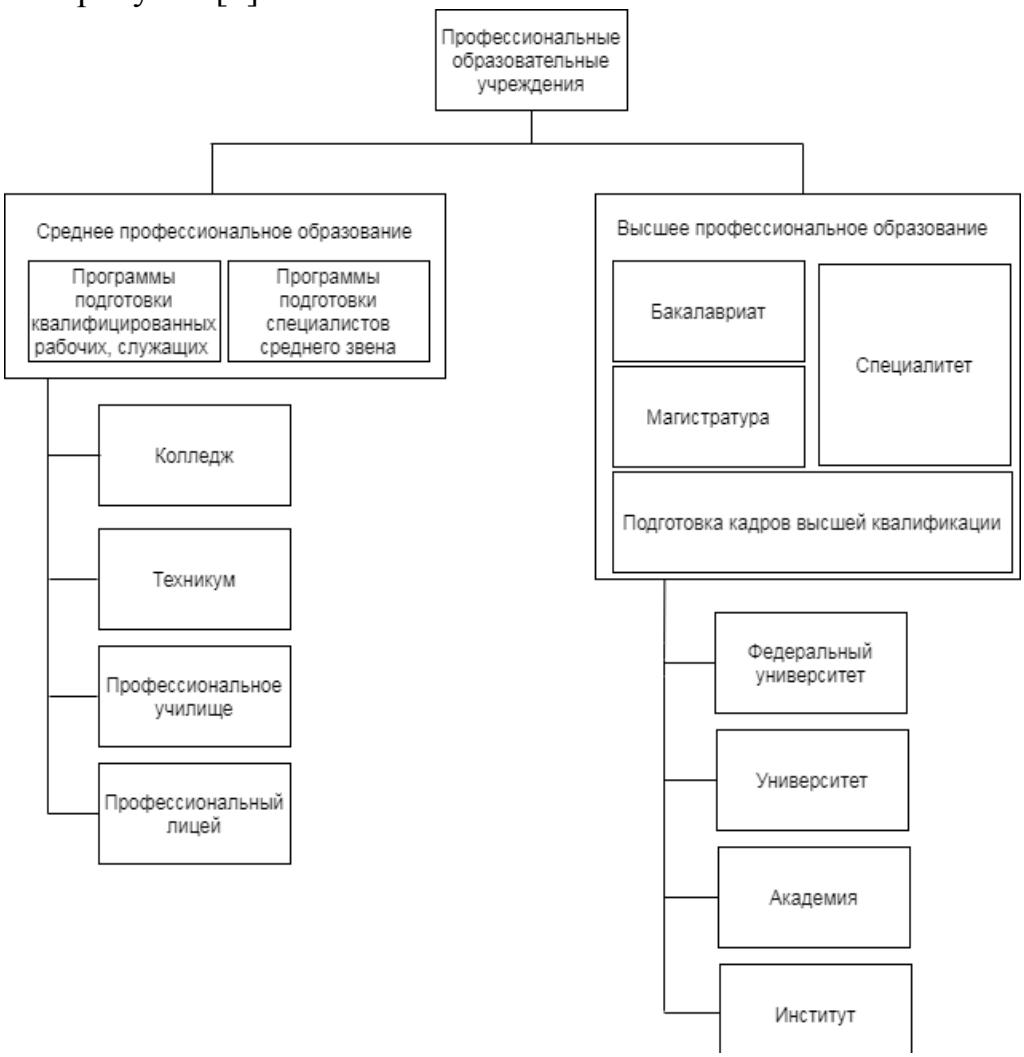


Рис. Классификация профессиональных образовательных учреждений

В настоящее время число желающих получить профессиональное обучение растёт, профессиональные учреждения совершенствуются, но и с их развитием число проблем также увеличивается [2].

Можно выделить следующие проблемы профессиональных учреждений:

- несоответствие уровня профессиональной подготовки выпускников требованиям современных работодателей [3];
- отсутствие работ по содействию выпускникам в трудоустройстве [3];
- несоответствие преподавательского состава старшего возраста повышающимся требованиям в связи с внедрением в образовательный процесс новых информационных технологий [4];
- недостаточное финансирование жизнеобеспечения [2];
- частые изменения и противоречивость федеральных государственных образовательных стандартов и профессиональных стандартов [2].

На сегодняшний день в системе образования нашей страны происходят значительные изменения, связанные с вводом ряда ограничений. Так, многие образовательные учреждения перешли на дистанционное обучение, что позволило выделить следующие проблемы образовательного процесса:

- отсутствие у сотрудников образовательных учреждений необходимой квалификации, требуемой для работы с информационными системами;
- существенное повышение нагрузки на имеющееся оборудование, позволяющее проводить дистанционное обучение в режиме реального времени;
- отсутствие программно-аппаратных платформ, способных хранить и обрабатывать огромное количество информации в период дистанционного обучения;
- отсутствие автоматизации управления образовательным процессом;
- сложность с обеспечением контроля со стороны преподавателя самостоятельной работы обучающихся.

Не только преподавателям образовательных учреждений необходимо постоянно совершенствоваться, сотрудники производственных предприятий также проходят постоянное обучение, так как именно обучение персонала обеспечивает соответствие профессиональных знаний и умений работника современному уровню производства и управления. Обучение работников можно разделить на следующие виды:

- профессиональная подготовка (начальная, средняя и высшая профессиональная подготовка рабочих);
- переподготовка кадров (получение второй профессии);
- послевузовское профессиональное образование (высшая профессиональная или научная квалификация, повышение квалификации (прохождение курсов в различных учебных центрах)).

Производственные предприятия, которые уделяют повышенное внимание становлению человеческого потенциала, подготовке квалифицированного

персонала создают собственные учебно-научные центры, которые реализуют дополнительные образовательные программы и программы профессионального образования.

В отличие от других профессиональных образовательных учреждений, учебные центры производственных предприятий осуществляют организацию обучения работников предприятий по различным программам обучения, обучение персонала на базе собственных и арендованных помещений и производственных площадок, организацию обучения специалистов с зарубежными образовательными учреждениями, оказание услуг по проживанию для обучающихся на период обучения. Узкоспециализированные знания, умения и навыки, полученные сотрудниками в учебных центрах производственных предприятий, невозможно получить в других образовательных учреждениях.

В связи с наличием ряда проблем в образовательных учреждениях появляется необходимость в создании таких автоматизированных систем сбора, обработки, хранения информации, которые способствовали бы облегчению процесса работы с информацией, циркулирующей в образовательных организациях.

Так, для частного учреждения дополнительного профессионального образования «Учебно-научный центр "Геофизика"» (УНЦ), который является сервисным активом крупного нефтесервисного предприятия АО «Башнефтегеофизика», было предложено внедрение программного робота (Robotic Process Automation) в процесс организации обучения. Robotic Process Automation (Роботизированная автоматизация процессов) – это технология, позволяющая конфигурировать программные роботы для выполнения однотипных действий на уровне пользовательского интерфейса [5]. В результате анализа и моделирования процесса организации обучения в системе управления бизнес-процессами ELMA были выделены особенности процесса, связанные с большим количеством рутинной работы, большим количеством времени, которое затрачивается на выполнение задач, отсутствием четкой последовательностей действий в подпроцессах процесса организации обучения, внимательностью к внесению данных в задачах. Стоит отметить, что процесс организации обучения состоит из следующих подпроцессов: прием заявок, их обработка, формирование групп на основании полученных заявок, сопровождение обучения.

Было выдвинуто предположение, что внедрение программного робота уменьшит влияние выделенных особенностей на процесс организации обучения.

Для оценки временных затрат на выполнение процесса при заданных ограничениях было принято решение провести имитационное моделирование. В качестве средства имитационного моделирования был выбран отечественный

продукт Anylogic, позволяющий получать детальное представление о бизнес-процессе и оптимизировать его.

В результате имитационного моделирования существующего процесса на организацию процесса обучения по 5283 заявкам, которые поступили в учебно-научный центр за год, потребовалось суммарно 3815 часов (477 дней). Учитывая, что имитационное моделирование проводилось с учетом работы трех сотрудников УНЦ, можно сказать, что сотрудники справятся с поставленной задачей за 159 дней [6]. А в результате имитационного моделирования предлагаемого процесса, в котором рутинные функции переданы программному роботу, а функции, которые закреплены за человеком, носят контрольный характер, на организацию процесса обучения по 5265 заявкам, которые поступили в УНЦ за год, потребовалось суммарно 2331 час (291 день). Так как имитационное моделирование проводилось с учетом работы двух сотрудников УНЦ и одного программного робота, то можно сказать, что сотрудники справятся с поставленной задачей за 146 дней и время выполнения процесса организации обучения снизится на 1484 часа [6]. Результаты имитационного моделирования позволили оценить целесообразность внедрения программного робота в процесс организации обучения.

Рассмотренный процесс учебного центра производственного предприятия «Башнефтегеофизика» не является частным, так как процесс организации обучения характерен практически для всех учебных центров производственных предприятий, поэтому предложенное решение в виде внедрения программного робота может быть использовано также для них. Процесс организации обучения, являющийся одним из основных процессов профессиональных образовательных учреждений, – это тот процесс, на который стоит обратить внимание, так как именно его автоматизация способна стать путем решения многих проблем в сфере образования.

1. Об образовании в Российской Федерации : Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (с изменениями и дополнением с 01.09.2020) : справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

2. Харина, Н. В. Профессиональное образование в России: проблемы, пути решения / Н. В. Харина // Научно-педагогическое обозрение. Научный журнал. – Томск : ТГПУ, 2013 – №1. – С. 8–16.

3. Подымова, Е. С. Система поддержки принятия решений для организации взаимодействия средне-специального учебного заведения и работодателя / Е. С. Подымова // Интеграционные процессы в науке в современных условиях: сборник статей Международной научно-практической конференции (Новосибирск, 20 марта 2018 г.) : в 3 частях. – Уфа : АЭТЕРНА, 2018 – С. 69–71 с.

4. Колесникова, И. А. Проблемы информационной гетерогенности научно-педагогического сообщества / И. А. Колесникова // Непрерывное образование: XXI век. Научный электронный журнал. – Петрозаводск : ПГУ, 2014 –

5. № 2 (б). – С. 134–152.

6. Микрюков, А. Robotic process automation (роботизированная автоматизация процессов). Что это такое / Микрюков А., Тутаев А. – 2018 – URL: https://ecm-journal.ru/post/Robotic-process-automation-robotizirovannaja-avtomatizacija-processov-Chto-ehto-takoe.aspx (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

7. Управление бизнес-процессами на основе результатов имитационного моделирования и анализа проблемных ситуаций / Черняховская, Л. Р., Никулина, Н. О., Гарайшин, Ш. Г. [и др.] // Информационные и математические технологии в науке и управлении. Научный журнал. – Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2020 – № 2 (18). – С. 73–83.

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ И НА ТРАНСПОРТЕ»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРОВ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ВЧ-ПОЛЯ

Д.В. Баканин
Научный руководитель ***Н.Г. Филиппенко****, канд. техн. наук, доцент*
Иркутский государственный университет путей сообщения
г. Иркутск

Введение

Для интенсификации процессов модификации полимерных материалов широко используются электрофизические методы, такие как упругие колебания звукового и ультразвукового диапазонов частот, виброобработка, токи высокой частоты, лазерное, электронное, ультрафиолетовое излучения [1, 2].

Целью научной работы является решение комплекса научных и технических задач, связанных с модификацией полимерных и композитных материалов в электромагнитном поле за счёт автоматизации управления технологическими процессами импульсной высокочастотной обработки.

Электромагнитная модификация полимеров

Опубликованные литературные данные свидетельствуют о возможности трансформации структуры неметаллических материалов при воздействии на них электромагнитного поля. В частности, о повышении динамических механических и триботехнических свойств полимерных фрикционных композитов, использующихся для автомобильных тормозов [3]. Доказано, что обработка электромагнитным полем приводит к преобразованию надмолекулярной структуры полимерной матрицы композита. Модифицированный композит характеризуется повышенной износостойкостью, изменением до 20 % динамического модуля упругости и трибологических свойств материалов по сравнению с исходным материалом [3].

В научной работе [1] нетепловое кратковременное воздействие электромагнитного поля увеличивает кинетическую гибкость цепи полимера.

В отличие от непрерывного воздействия электромагнитного поля при импульсном воздействии на полимеры можно добиться эффективного равномерного распределения температуры по всему объёму в зависимости от теплопроводности материала и длительности импульса с меньшими затратами энергии, при этом обеспечивается отсутствие перегрева и расплава материала [4–5].

Основной результат, полученный из литературного обзора, состоит в обосновании перспективности научных исследований импульсного модифи-

цирующего воздействия высокочастотного электромагнитного поля на полимеры и композиты.

Создание блока управления импульсным высокочастотным воздействием на полимеры

В качестве устройства для исследования влияния импульсного ВЧ-воздействия на полимеры и композиты использована промышленная высокочастотная установка модели УЗП-2500.

В ходе модернизации установки была разработана и изготовлена силовая транзисторная электронная схема (рис. 1) с опторазвязкой, позволяющая слабым сигналом микроконтроллера «Arduino» импульсно коммутировать высоковольтную нагрузку высокочастотной генераторной лампы.

Анализ существующих методов управления процессами высокочастотной обработки материалов определил, что основным контролируемым параметром процесса ВЧ-обработки является анодный ток [4-5].

На основе изученных работ следует отметить что, при ВЧ-излучении электромагнитное поле искажает показания измерительных датчиков. Так, например, в одной из работ [5] при исследовании высокочастотной сушки топливных брикетов термопара играла роль антенны во внешнем электрическом поле, поэтому для снятия показаний температуры без каких-либо помех было предусмотрено цикличное отключение ВЧ-генератора, при чем после отключения ВЧ-генератора помехи на термопару наводились ещё в течение нескольких милисекунд.

Необходимо отметить, одним из главных преимуществ импульсной ВЧ-обработки является возможность контроля не только главного контролируемого параметра анодного тока, но и дополнительных параметров обрабатываемого образца, которые невозможно регистрировать во внешнем электрическом поле, а только в момент выключенного состояния ВЧ-генератора [5].

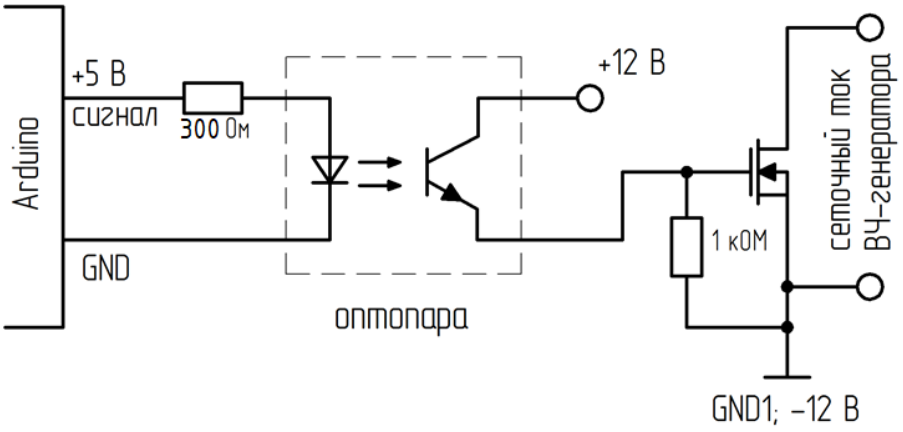


Рис. 1. Силовая транзисторная электронная схема

В ходе автоматизации промышленной установки был разработан алгоритм (рис. 2) импульсного управления сетчатым током генераторной лампы высокочастотной установки. В соответствии с алгоритмом написана програм-

ма к микроконтроллеру «Arduino». В результате создан блок управления импульсным высокочастотным воздействием на полимерные материалы.

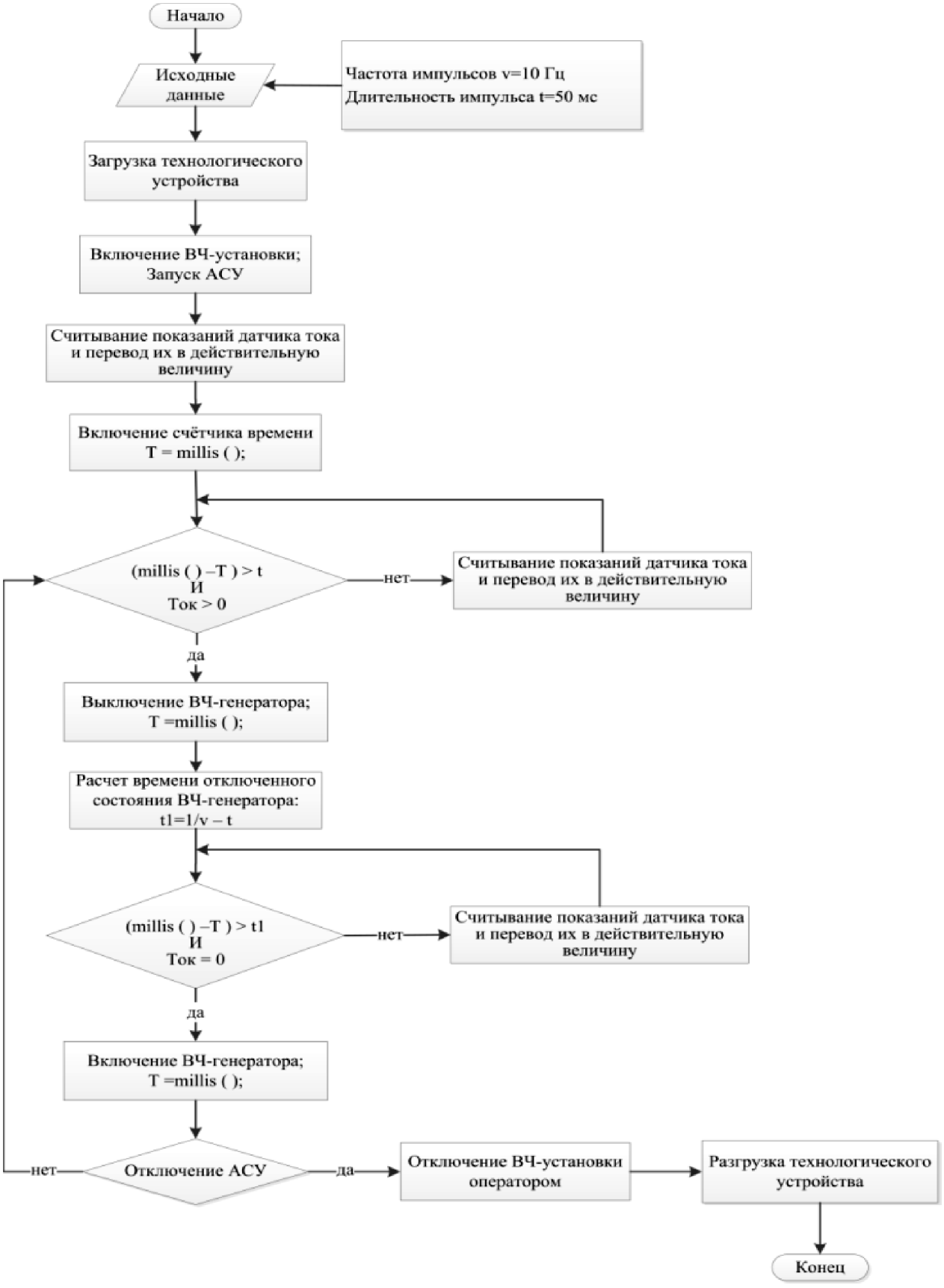


Рис. 2. Алгоритм импульсного управления сетчатым током генераторной лампы высокочастотной

1. Научные основы модификации полимерных материалов в свч электромагнитном поле / Калганова С. Г., Архангельский Ю. С., Лаврентьев В. А., Тригорлый С. В. // Вопросы электротехнологии. – 2017. – № 1 (14). – С. 26–35.

2. Ажаронок, В. В. Модифицирование физико-механических свойств фрикционных композитов с полимерной матрицей воздействием модулированного по амплитуде высокочастотного электромагнитного поля / В. В. Ажаронок. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modifitsirovanie-fiziko-mehanicheskih-svoystv-friktsionnyh-kompozitov-s-polimernoy-matritsey-vozdeystviem-modulirovannogo-po (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

3. Технология повышения качества изделий машиностроения. Автоматизированный метод высокочастотного контроля / Грамаков Д. С., Ларченко А. Г., Филиппенко Н. Г. [и др.] // Молодая наука Сибири. – 2019. – № 3 (5). – С. 43–48.

4. Технология импульсной высокочастотной обработки полимерных материалов, автоматизация процесса / Баканин, Д. В., Филиппенко, Н. Г., Бычковский, В. С., Ларченко, А. Г. // Молодая наука Сибири. – 2019. – № 4 (6). – С. 24–30.

5. Баканин, Д. В. спользование высокочастотной энергии при изготовлении топливных брикетов / Баканин Д. В., Лобанчиков И. А., Филатова С. Н. // Эволюция современной науки, сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 6–11.

РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ И ТЕПЛОПОТЕРЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КРАНОВОЙ КАБИНЫ

Д.М. Гольбрайх
Научный руководитель ***А.С. Степанов****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Расчет будет выполняться по CO_2. В чистом уличном воздухе концентрация CO_2 составляет 0,03 % от объема (300 ppm), а превышение этого значения является отклонением от нормы.

Европейский стандарт ЕН 13779 «Ventilation for residential buildings – Performance requirements for ventilation and room conditioning systems» предлагает принимать концентрацию углекислого газа наружного воздуха в сельской местности равную 350 ppm, в небольших городах – 400 ppm, в центрах городов – 450 ppm.

Согласно Гигиеническим нормативам ГН 2.2.5.2100-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» и Дополнению N 2 к ГН 2.2.5.1313-03, ПДК углерода диоксида (двуокиси угле-

рода, углекислого газа) составляет: максимальная разовая – 27000 мг/м^3, среднесменная – 9000 мг/м^3 [1].

Согласно справочнику химика – за 1 ч взрослый человек выдыхает примерно 20 л (около 40 г) этого газа. При физической работе количество выдыхаемого углекислого газа увеличивается до 35 л.

Концентрация CO_2 в выдохе – примерно 4 %. Если взять максимально 30 литров в час выдохнутого CO_2 при напряженном ритме работы, то полный объем выдохнутого воздуха оператором, подлежащим замещению, составит 0,75 м^3/час. Это и будет целевой параметр воздухообмена по CO2.

Организация воздухообмена

Согласно СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование в общественных и административно-бытовых зданиях (кроме зданий с влажным и мокрым режимами) в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б) в холодный период года следует обеспечивать положительный дисбаланс в объеме однократного воздухообмена в 1 ч в помещениях высотой 6 м и менее [2].

Проведя анализ, наиболее оптимальным для стационарных кабин с точки зрения возможностей обеспечения полного обзора является применение горизонтально расположенного кондиционера-обогревателя ООО ТХМ Кондиционеры АЮ-ДАГ-01, АЮ-ДАГ-01М. Присоединительные размеры и схемы для проектирования предоставляются компанией производителем. Производительность по воздуху 400±50 м^3/час для АЮ-ДАГ-01 и 600±50 м^3/час для АЮ-ДАГ-01М.

Для целей моделирования возьмем имеющуюся на предприятии модель кабины, причем внутренние размеры пространства кабины примем приближенно равными 1500×1500×2100 миллиметров. Кабина показана на рисунке.

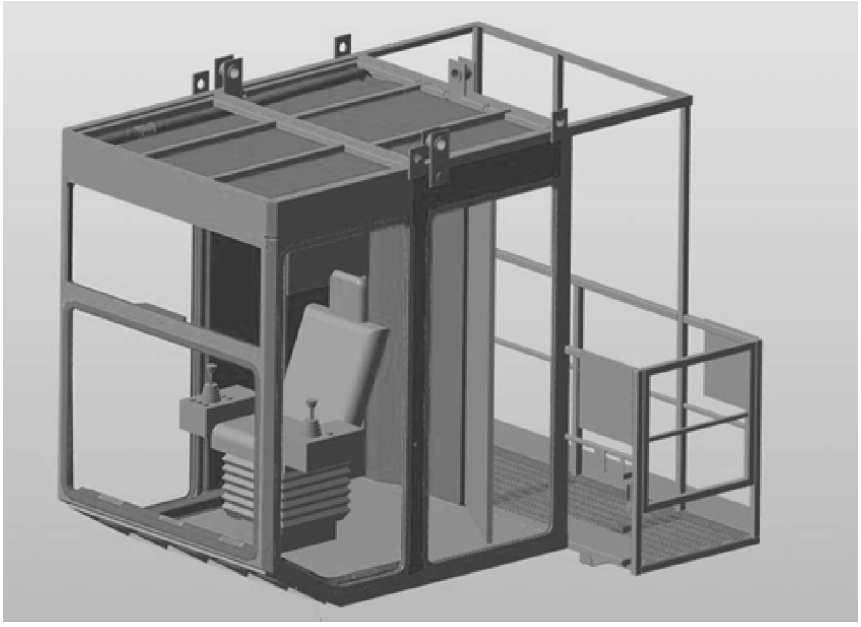


Рис. Модель кабины

Минимальная температура окружающего воздуха -30 ºС.

Температура внутри кабины в условиях зимней работы +20 ºС.

Влажность воздуха внутри кабины: 65 %.

Оценка температуры точки росы и выпадения конденсата

Конденсация испаренной влаги воздуха происходит при температуре поверхности предмета (в нашем случае – стекла), охлажденного ниже «точки росы», вычисляемой для каждого сочетания температуры и относительной влажности.

Искомую температуру можно определить как по формулам, так и с помощью таблицы определения точки росы при относительной влажности воздуха. Для температуры +20 ºС и относительной влажности внутри 65 % внутренняя поверхность стекла не должна охлаждаться ниже температуры +12,8 ºС.

Теплопотери

Теплопотери кабины при работе будут складываться из теплопотерей на вентиляцию (обогрев поступающего с улицы воздуха) и теплопотерь вследствие конвекции через конструкцию.

Теплопотери на вентиляцию при отсутствии рекуперации полностью зависят от объема поступающего в кабину наружного воздуха, необходимого для дыхания оператора.

Необходимая скорость вентиляции кабины (как принудительной, так и естественной) зависит от желаемой концентрации CO_2 в кабине и может быть вычислена по (1):

$$V_0 = \frac{V_d}{\left(\frac{k_{\max}}{k_o}\right)}, \text{ м}^3, \qquad (1)$$

где V_o – необходимый объем замещения воздуха в час, $м^3$;

V_d – «скорость дыхания», объем кислорода, замещаемого углекислым газом в единицу времени, $м^3/ч$. В среднем – 0,02 $м^3/ч$;

k_{max} – концентрация углекислого газа в воздухе внутри кабины;

k_o – концентрация углекислого газа в атмосфере (принимается равной 0,0004).

Таким образом, в зависимости от степени проветривания (остаточной концентрации углекислого газа, в ppm), воздухообмен в кабине может составлять:

1000 ppm – 33 $м^3/ч$;

900 ppm – 40 $м^3/ч$;

800 ppm – 50 $м^3/ч$;

700 ppm – 67 $м^3/ч$;

600 ppm – 100 $м^3/ч$;

500 ppm – 200 $м^3/ч$.

При этом первая величина – минимально допустимая. Комфортной можно считать величину не более 700 ppm, что соответствует воздухообмену порядка 70 м^3/ч.

Расход энергии на обогрев такого объема воздуха рассчитаем по (2):

$$Q = \rho \cdot V \cdot dt \cdot C_p \ , \text{Дж}, \qquad (2)$$

где ρ – удельная плотность воздуха. При температуре -30 градусов – 1,453 кг/м^3, при температуре +20 – 1,205 кг/м^3. Примем последнее значение;

V – объем воздуха в кубических метрах, V=70 м^3;

dt – разница в температурах наружного и внутреннего воздуха;

Ср – удельная теплоемкость воздуха. При +20 градусах – примерно 1000 Дж/(кг·град).

Расход энергии на обогрев такого объема воздуха с температуры -30 градусов до температуры +20 градусов составит 5085500 Дж.

Необходимая мощность для обеспечения такого количества тепла рассчитывается по (3):

$$P = \frac{Q}{3600}, \ \text{кВт*ч}. \qquad (3)$$

$$P = \frac{Q}{3600} = \frac{5085500}{3600} = 1412 \ \text{Вт*ч} = 1{,}4 \ \text{кВт*ч}.$$

Теплопотери через конвекцию будут зависеть от общей площади стен и потолков кабины.

Для выбора конструктива остекления рассчитаем потери через стеклянные стены. Для упрощения расчетов примем следующие положения:

1. Потери через крышу, пол, заднюю стену кабины рассчитываем отдельно.

2. Считаем остекление сплошным, от верха до низа кабины.

3. Передние и боковые стены кабины считаем полностью стеклянными.

В этом случае общая площадь остекления составит 9,45 м^2.

Производитель стекла АО «Саратовстройстекло» на своем сайте предлагает программу-конфигуратор, позволяющую определить характеристики стекол и стеклопакетов [3].

При этом по данным производителя значения коэффициентов сопротивления теплопередаче:

- для одинарного стекла (толщина 6 мм) – R0 = 0,17 (м^2·°С)/Вт;

- для двойного стекла (два листа по 4 мм, ширина рамки – 5 мм) – R0 = 0,41 (м^2·°С)/Вт.

Воспользовавшись данной программой выяснили, что затраты мощности на компенсацию утечки тепла через стекла кабины составят:

- в случае одинарного стекла – 2,8 кВт*ч;

- в случае указанного выше стеклопакета – 1,15 кВт*ч.

1. ГН 2.2.5.2100-06. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум "Кодекс" (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование в общественных и административно-бытовых зданиях : введен 2004-01-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум "Кодекс" (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. АО «Саратовстройстекло» : официальный сайт. – URL: https://саратовстройстекло.рф/ (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Е.А. Инина

Научный руководитель ***С.В. Карпушкин****, д-р техн. наук, профессор*

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов

Метод горячего прессования является распространённым методом изготовления резинотехнических изделий (РТИ). Широко применяемым оборудованием для горячего прессования являются гидравлические вулканизационные прессы с индукционным способом нагрева плит. Качество продукции определяется степенью соответствия температурного поля изделия требованиям технологического регламента, прежде всего его равномерностью в объёме изделия. В общем случае можно выделить следующие факторы, влияющие на температурное поле изделия: геометрия пресс-формы, теплофизические свойства ее материала; температурные поля нагревательных плит пресса в период вулканизации; позиционирование пресс-формы на поверхности плиты.

Для оценки эффективности конструкции конкретной пресс-формы необходимо определить температурное поле находящегося в ней РТИ в периоды его нагрева до температуры вулканизации и в процессе вулканизации. Несмотря на то, что в условиях реального промышленного производства режимы нагрева пресс-форм являются нестационарными, предлагается исследовать стационарный режим нагрева системы «плита–пресс-форма–изделие–плита» в условиях теплообмена с окружающим воздухом. Моделирование и расчеты стационарных тепловых процессов существенно проще, чем нестационарных, а их результаты позволяют более обоснованно выбирать конструкции пресс-форм, т.к. режим реализации процессов вулканизации является квазистационарным.

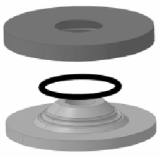
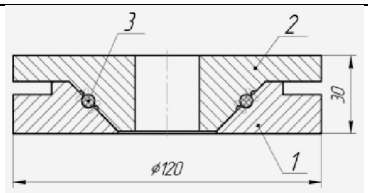
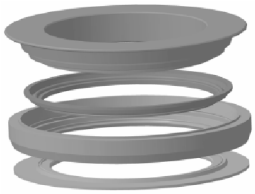
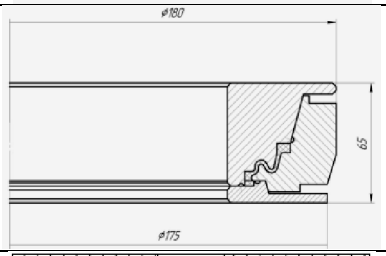
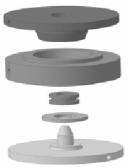
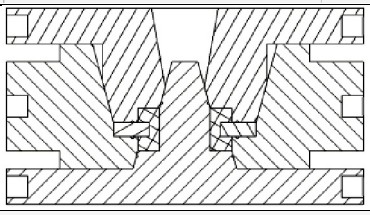
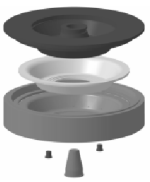
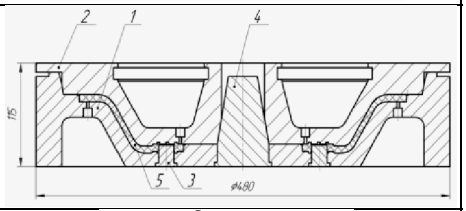
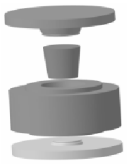
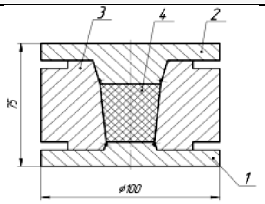
Типовой технологический процесс вулканизации РТИ на гидравлическом прессе включает следующие стадии: 1) нагрев плит пресса, между которыми зажаты пустые пресс-формы, до рабочей температуры (около 200°С); 2) размыкание плит и размещение нагретых пресс-формах заготовок изделий; 3) плотное замыкание пресс-форм между плитами, формование и выдержка изделий в течение регламентной продолжительности вулканизации; 4) размыкание плит, съем пресс-форм с пресса, извлечение готовых РТИ и перезарядка пресс-форм.

Таким образом, нагрев изделий можно представить в виде последовательности процессов нагрева элементов пресс-форм, от которых тепло передаётся изделиям.

Для проведения расчётов тепловых режимов изготовления РТИ были использованы пять конструкций пресс-форм, используемых АО «Завод Тамбовполимермаш», конструкции которых различаются по массе, сложности геометрии и объему РТИ, элементам конструкций. Геометрия пресс-форм представлена в таблице 1.

Таблица 1

Геометрия исследуемых пресс-форм и изделий

№	Изделие	Геометрическая модель	Чертёж
1	Кольцо ЖДРУ 303.144.001.08		
2	Пыльник 7.01.Р.0316.00		
3	Втулка 1169.200.00.03		
4	Мембрана ВС-9471		
5	Пробка 29 ГОСТ 1852-76		

Для расчетов температурных полей пресс-форм и вулканизируемых изделий необходима информация о теплофизических свойствах их материалов. Согласно конструкторской документации, детали всех пресс-форм изготавливаются из стали 45. В качестве теплофизических свойств резины приняты свойства каучука, т.е. расчет температурных полей изделий проводился при наихудшей температуропроводности их материала, следовательно, давал нижнюю оценку эффективности пресс-форм.

В качестве основной функциональной зависимости использованы стационарные уравнения теплопроводности:

$$\rho_i c_i \frac{\partial T_i}{\partial t} - \lambda_i \left(\frac{\partial^2 T_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_i}{\partial z^2} \right) = 0 \,, \; i = 1,2 \,, \qquad (1)$$

где $T_1 = T(x_1, y_1, z_1)$, $x_1, y_1, z_1 \in \Omega_1$ – объёмное температурное поле пресс-формы; $T_2 = T(x_2, y_2, z_2)$, $x_2, y_2, z_2 \in \Omega_2$ – объёмное температурное поле изделия; Ω_1, Ω_2 – объем деталей пресс-формы и объем изделия; ρ_1, ρ_2 – плотность материала пресс-формы и изделия, кг/м^3; c_1, c_2 – их теплоёмкости, Дж·кг$^{-1}$·К$^{-1}$; λ_1, λ_2 – коэффициенты их теплопроводности, Вт·м$^{-1}$·К$^{-1}$.

В качестве граничных условий для решения (1) использованы следующие соотношения:

1. Равенство тепловых потоков на границе между пресс-формой и РТИ:

$$\lambda_1 \frac{\partial T_{1.b}}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial T_{2.b}}{\partial x}, \; \lambda_1 \frac{\partial T_{1.b}}{\partial y} = \lambda_2 \frac{\partial T_{2.b}}{\partial y}, \; \lambda_1 \frac{\partial T_{1.b}}{\partial z} = \lambda_2 \frac{\partial T_{2.b}}{\partial z}, \qquad (2)$$

где $T_{1.b} = T(x_{1.b}, y_{1.b}, z_{1.b})$, $x_{1.b}, y_{1.b}, z_{1.b} \in \Omega$ – температурное поле пресс-формы на границе с изделием (Ω); $T_{2.b} = T(x_{2.b}, y_{2.b}, z_{2.b})$, $x_{2.b}, y_{2.b}, z_{2.b} \in \Omega$ – температурное поле изделия на границе с пресс-формой.

2. Значения температур на поверхностях контакта пресс-формы и плит:

$$T_{s.matrix} = T_h, \quad T_{s.punch} = T_h, \qquad (3)$$

где $T_{s.matrix}$, $T_{s.punch}$ – температуры поверхности матрицы и пуансона соответственно К; T_h – температура поверхности нагревательной плиты пресса, К.

Данное граничное условие воспроизводит «идеальные» условия нагрева пресс-форм: предполагается, что температура всей рабочей поверхности нагревательных плит постоянна на протяжении всего цикла нагрева.

3. Конвективный теплообмен между окружающим воздухом и боковыми поверхностями пуансона и матрицы:

$$q_{1.c} = \alpha_{1.c}(T_{amb} - T_{1.s}) \,, \qquad (4)$$

где $\alpha_{1.c}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхностей пресс-форм в окружающий воздух, Вт·м$^{-2}$·К$^{-1}$; T_{amb} – температура окружающего воздуха, К; $T_{1.s} = T(x_{1.s}, y_{1.s}, z_{1.s})$ – температура поверхности пресс-формы, К.

Для воздуха, который окружает пресс-формы, расположенные между двумя плитами пресса, характерна стеснённая конвекция, поэтому принято решение отказаться от использования для расчёта коэффициента теплоотдачи критериальных уравнений конвекции [1]. Значение $\alpha_{1.c}$ для всех расчётов выбрано равным 8 Вт·м$^{-2}$·К$^{-1}$, что соответствует среднему значению коэффициента теплоотдачи для рассматриваемых условий, рассчитанному по рекомендациям [1].

4. Лучистый теплообмен между пресс-формой и окружающей средой:

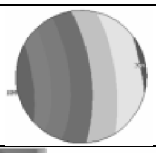
$$q_{1.r} = \varepsilon\sigma(T_{amb}^4 - T_{1.s}^{\ 4}), \qquad (5)$$

где ε = 0,75 – степень черноты поверхности деталей пресс-формы; $\sigma = 5{,}67\cdot10^{-8}$ – постоянная Стефана-Больцмана, Вт·м$^{-2}$·К$^{-4}$.

Для численного решения (1) при условиях (2)–(5), где T_{amb} = 293 К, T_h = 473 К, использована система конечно-элементного анализа ANSYS. Задачи (1)–(5) для всех пресс-форм, представленных в таблице 1, решались в системе ANSYS с применением двумерного осесимметричного моделирования: поскольку все рассматриваемые пресс-формы представляют собой тела вращения, в уравнениях (1) и (2) декартова система координат была заменена на цилиндрическую (это упрощение позволило использовать более плотную конечно-элементную сетку). Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчётов стационарных состояний нагрева пресс-форм

№ изд-я	К-во конечных элементов	Продолжит. расчёта, с	Температурное поле сечения изделия	Tmax, °C	Tmin, °C	ΔT, °C
1	23652	18		199,98	199,95	0,03
2	50810	38		199,72	197,59	2,13
3	26721	20		199,62	199,21	0,41
4	62844	46		199,99	197,98	2,01
5	18869	15		199,50	197,80	1,7

Как видно, наибольшие градиенты температур по сечению изделия наблюдаются в пресс-формах, предназначенных для вулканизации РТИ со сложной геометрией (пыльник, мембрана), а также в изделиях большого объёма (пробка). Наименьший разброс температур по сечению изделия в стационарном режиме дает пресс-форма для изготовления резиновых колец. Поскольку максимальный перепад температур по сечению изделий в каждом случае оказался меньше 10 °С, то формально режимы нагрева всех РТИ являются удовлетворительными.

Отметим, что на практике граничное условие (3) принципиально невыполнимо, поэтому полученные оценки степени неравномерности температурного поля РТИ являются относительными. Для обоснованного вывода об эффективности применяемых пресс-форм в каждом конкретном случае необходимо рассчитывать процессы распространения тепла в системе «плиты–пресс-формы–изделия» [2, 3]. Данную задачу следует рассматривать как трёхмерную нестационарную и учитывать нелинейные зависимости теплофизических свойств материалов от температуры нагрева.

1. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М. И. Курочкина. – Санкт-Петербург : Химия, 1998. – 496 с.

2. Карпушкин, С. В. Моделирование процесса нагрева пресс-формы для производства резинотехнических изделий на индукционном вулканизационном прессе / С. В. Карпушкин, С. В. Карпов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – № 2/2 (286). – 2011. – С. 35–41

3. Малыгин, Е. Н. Моделирование и расчет процессов индукционного нагрева прессового оборудования при производстве резинотехнических изделий / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, С. В. Карпов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2013. – № 3. С. 85–104.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЛИТ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ ПРЕССОВ

Ю.А. Кардакова
Научный руководитель ***С.В. Карпушкин****, д-р техн. наук, профессор*
Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов

Основным показателем качества проектируемых гидравлических вулканизационных прессов в отечественной промышленной практике традиционно считается степень неравномерности температурного поля рабочих поверхностей нагревательных плит пресса. Например, согласно паспортным данным,

плиты пресса 250–600 4Э производства АО «Завод Тамбовполимермаш» при средней температуре 170 °С имеют перепад температуры в различных точках рабочей зоны ±3 °С, а при средней температуре 200 °С – ±5 °С [1].

Заметим, что зарубежные производители вулканизационных прессов [2] в технических характеристиках не приводят данные о параметрах температурного поля на рабочей поверхности нагревательных плит. Можно предположить, что задача получения только равномерных температурных полей рабочих поверхностей нагревательных плит этими производителями не ставится.

Практика показывает, что формирование заданного распределения температур на поверхности плиты не всегда является возможным из-за внешнего теплообмена [3, 4]. Кроме того, плита пресса представляет собой сложную систему обогрева пресс-форм резинотехнических изделий (РТИ), задача которой – создание требуемого температурного поля в объёме прессуемого изделия. Для решения этой проблемы необходимо рассчитывать процессы распространения тепла в системе «плита–пресс-форма–изделие», причем рассматривать эту задачу как трёхмерную нестационарную и учитывать зависимости теплофизических свойств материалов от температуры нагрева.

Таким образом, качество РТИ, получаемых с применением гидравлических вулканизационных прессов, определяется степенью соответствия температурного поля в объеме изделия требованиям технологического регламента, прежде всего степенью неравномерности. Помимо системы обогрева, на температурное поле изделия влияют параметры пресс-формы (геометрия, теплофизические свойства материала) и её расположение на поверхности нагревательной плиты.

В последние годы в промышленной практике все чаще применяется дифференциальный подход к проектированию нагревательных плит: формирование температурного поля рабочей поверхности плиты с учётом геометрии и свойств изготавливаемых РТИ. Рассмотрим основные положения и особенности этого подхода на примере проектирования нагревательной плиты для производства резиновых прокладок (рис. 1). В качестве базовой конструкции использована промышленная плита 432.383.35 размерами 600×600 мм с шестью прямоугольными индукторами, спроектированная и применяемая на АО «Завод Тамбовполимермаш» [1].

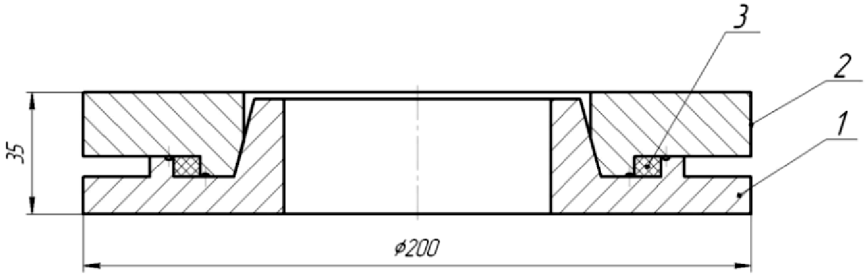


Рис. 1. Геометрия пресс-формы для изготовления прокладок
1 – матрица, 2 – пуансон, 3 – прокладка

Применение дифференциального подхода к проектированию нагревательных плит не требует получения равномерного температурного поля по всей рабочей поверхности. Необходимо минимизировать температурные перепады внутри определённых зон, соответствующих диапазонам размеров пресс-форм под РТИ.

Например, при вулканизации резиновых прокладок выбранного типоразмера (рис. 1) можно разместить на рабочей поверхности нагревательной плиты четыре пресс-формы, т.е. обработать четыре изделия за один цикл работы пресса. Поэтому достаточно сформировать равномерное температурное поле лишь в зонах, покрываемых этими четырьмя цилиндрическими пресс-формами. Такие зоны, соответствующие размерам пресс-форм изготавливаемых РТИ, будем называть рабочими зонами.

В данном случае поверхность плиты можно разбить на четыре прямоугольных участка. Внутри этих участков достаточно сформировать зоны равномерного температурного поля, соответствующие размерам пресс-форм, при этом поверхность вне рабочих зон может нагреваться неравномерно. Для уменьшения тепловых потерь и оптимизации мощности индукционных нагревателей края плиты, по возможности, следует сделать «холодными».

При использовании дифференциального подхода задача проектирования индукционной нагревательной плиты формулируется следующим образом: на основе анализа заказа на выпускаемые РТИ требуется зонировать поверхность плиты на участки, максимально соответствующие планируемому ассортименту продукции, и обеспечить равномерность полей температур поверхности плиты внутри рабочих зон.

Заметим, что размеры плит прессового оборудования, с одной стороны, и размеры изделий и пресс-форм – с другой, изменяются в широких пределах. Например, в случае производства конвейерных лент и резиношифера размеры прессуемых изделий сопоставимы с размерами плит, а в случае вулканизации прокладок, пробок, мембран, пыльников размеры пресс-форм могут быть значительно меньше рабочей поверхности плит.

Для принятия решения о применении дифференциального подхода введём критерий оценки степени заполнения рабочей поверхности плит $K_з$:

$$K_з = S_{п.ф.} \big/ S_{пл.} \ ,$$

где $S_{п.ф.} = \max\limits_{q}\{S^{q}_{п.ф.}\}$ – наибольшая площадь пресс-форм для данной серии изделий м^2;

q=1,2,...,$n_{п.ф.}$ – порядковый номер пресс-формы, используемой для данной серии изделий;

$n_{п.ф.}$ – число уникальных пресс-форм для данной серии изделий;

$S_{пл.} = (l_p - \delta)(s_p - \delta)$ – площадь рабочей поверхности плиты, м^2;

l_p, s_p – длина и ширина плиты соответственно, м;

δ – ширина края плиты, который не включается в ее рабочую поверхность, м.

Использование дифференциального подхода оправданно, если в течение одного цикла работы пресса на нагревательной плите помещается минимум две пресс-формы максимальной площади. Поэтому если

$$0 < K_з < 0.5,$$

то можно использовать дифференциальный подход, а при

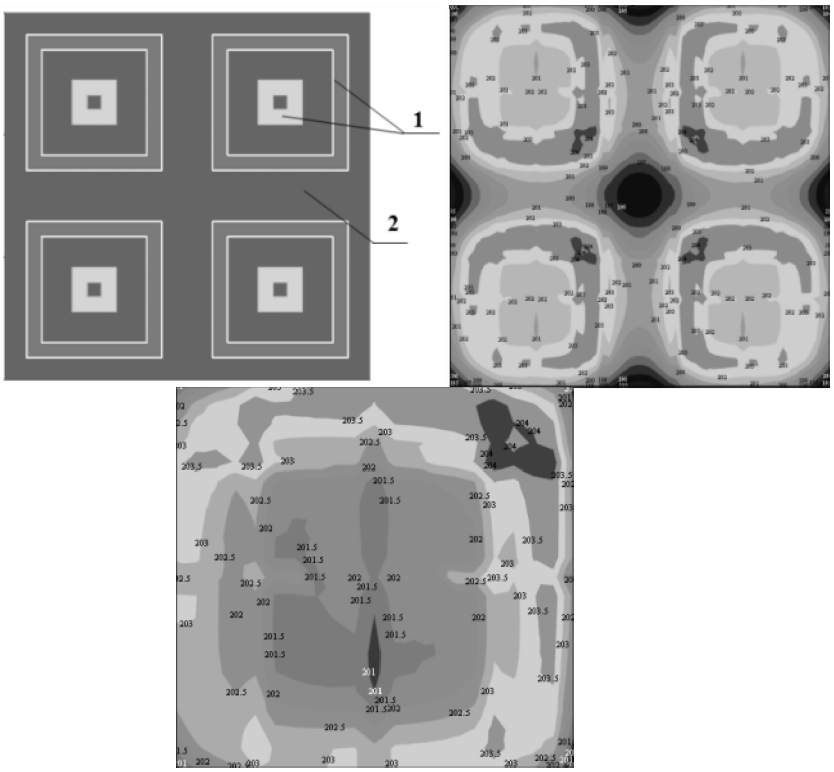
$$0.5 < K_з < 1$$

используется интегральный подход (формирование поля температур заданного профиля на всей рабочей поверхности плиты).

Типоразмер пресс-форм для вулканизации прокладок (рис. 1) соответствует квадратному участку 200×200 мм, т.е. в данном случае для плиты 432.383.35 размерами 600×600 мм при $\delta = 25$ мм

$$K_з = (200\times200)/(575\times575) = 0.12 < 0.5.$$

Начальная температура плиты равна 20 °С, конечная температура нагрева – 200 °С. Материал плиты – сталь 45. Поставим задачу получения в каждой четверти рабочей поверхности плиты рабочих зон с необходимой для нагрева температурой 200 °С и перепадом температур в рабочих зонах ±2.5 °С. Для достижения этой цели предложена конструкция плиты, конфигурация которой представлена на рисунке 2а. Она имеет восемь прямоугольных индукторов: в каждой из четырёх зон находится по два концентрических индуктора.



а *б* *в*

Рис. 2. Конфигурация индукционной нагревательной плиты 600×600 мм (а), температурные поля ее рабочей поверхности (б) и одной из рабочих зон (в) (1 – индукторы; 2 – плита)

При использовании методики теплового расчета индукционных нагревательных плит, предложенной в [3], получены результаты, сведенные в таблицу: характеристики температурных полей рабочей поверхности плиты и поверхности одной из четырех рабочих зон. Температурное поле плиты представлено на рисунке 2б, а на 2в – температурное поле рабочей зоны.

Таблица 1

Результаты теплового расчёта плиты

Характеристика температурного поля	Раб. поверхн. плиты	Поверхность раб. зоны
Максимальная температура, °С	211,632	201,812
Минимальная температура, °С	189,058	197,413
Максимальная разница температур по поверхности, °С	22,574	4,399
Дисперсия температуры по поверхности, °С	5,308	0,851
Среднее отклонение температуры от заданной, °С	4,359	0,736

Анализируя данные, представленные в таблице, можно сделать вывод, что применение дифференциального подхода к проектированию облегчает выполнение требований к равномерности температурного поля рабочей поверхности нагревательной плиты в зонах установки пресс-форм. Фактически при дифференциальном подходе задача расчёта и проектирования индукционных нагревательных плит для производства известного ассортимента продукции [4, 5] сводится к обеспечению минимальной разности температур на поверхности рабочих зон.

Отметим, что для любого пресса можно подготовить набор типовых нагревательных плит под известную номенклатуру и диапазон типоразмеров выпускаемых РТИ. Это позволит оперативно работать с потребителем и иметь преимущество перед другими производителями за счет возможности применять для выпуска конкретных РТИ нагревательных плит оптимальной конструкции.

1. Пресс гидравлический вулканизационный 250-600 (1Э, 2Э, 4Э). – URL: http://www.tambovpolimer.ru /katalog_id/33 (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

2. Plate vulcanizing press products from alibaba.com. – URL: http://www.alibaba.com/product-gs/488304212/rubber_vulcanizing_press.html (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

3. Малыгин, Е. Н. Методика теплового расчёта нагревательных плит прессов для изготовления резинотехнических изделий / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, А. С. Крушатин // Химическая промышленность сегодня. – 2009. – № 11. – С. 48–56.

4. Карпушкин, С. В. Моделирование процесса нагрева пресс-формы для производства резинотехнических изделий на индукционном вулканизационном прессе / С. В. Карпушкин, С. В. Карпов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – №2/2. – 2011. – С. 35–41.

5. Карпушкин, С. В. Моделирование устройств индукционного нагрева на примере индукционных нагревательных плит вулканизационных прессов (на английском языке) / С. В. Карпушкин, С. В. Карпов, А. О. Глебов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т.17, № 1. – С. 110–120.

ТЕХНОЛОГИЯ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ ЦИФРОВОЙ СБОРКИ УСП

А.В. Крыцков, И.В. Поздняков
Научный руководитель ***О.Н. Калачев****, канд. техн. наук, доцент*
Ярославский государственный технический университет
г. Ярославль

В данной работе очерчены следующие основные задачи:

1. 3D-моделирование и экранная сборка одного из вариантов универсально-сборных приспособлений (УСП) для механообработки.

2. Применение Autodesk AutoCAD и Fusion 360 для оценки реализации сборки в смешанной среде CAD-систем.

3. Сравнение особенностей представленной методики.

УСП являются системой стандартных средств технологического оснащения механообработки [1–3]. Особенность технологической подготовки производства с применением УСП заключается в том, что вместо специальных приспособлений достаточно иметь универсальный набор взаимозаменяемых деталей и узлов. При необходимости из них собирают разнообразные приспособления для выполнения конкретных операций. По окончании обработки приспособление разбирают на составляющие его элементы, которые используют для компоновки других приспособлений.

Компьютерная сборка УСП реализована двумя продуктами компании Autodesk – AutoCAD [3] и Fusion 360 [4]. Обе эти САПР позволяют создавать трехмерные модели твердотельным моделированием. При этом Fusion 360 является более продвинутой программой и поддерживает активную работу с облачным хранилищем и вычислениями.

Поэтапно рассмотрим создание детали «Оправка»: деталь представляет собой тело вращения с усложняющими элементами; поэтому сначала рисуем контур вращения в соответствии с чертежом. Далее применяем команду «Вращение» и получаем твердотельный объект. Следующим шагом добавляем к нему пазы и отверстия командой «Вычитание» (рис. 1).

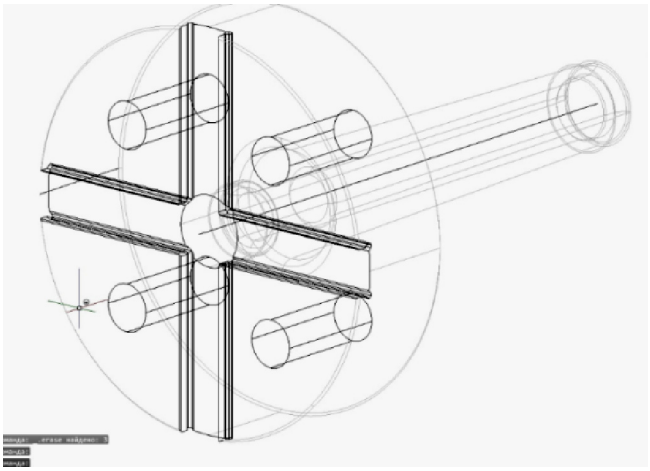


Рис. 1. 3D-модель «оправки» в каркасном представлении

Весь необходимый для сборки УСП комплект деталей представлен на рисунке 2.

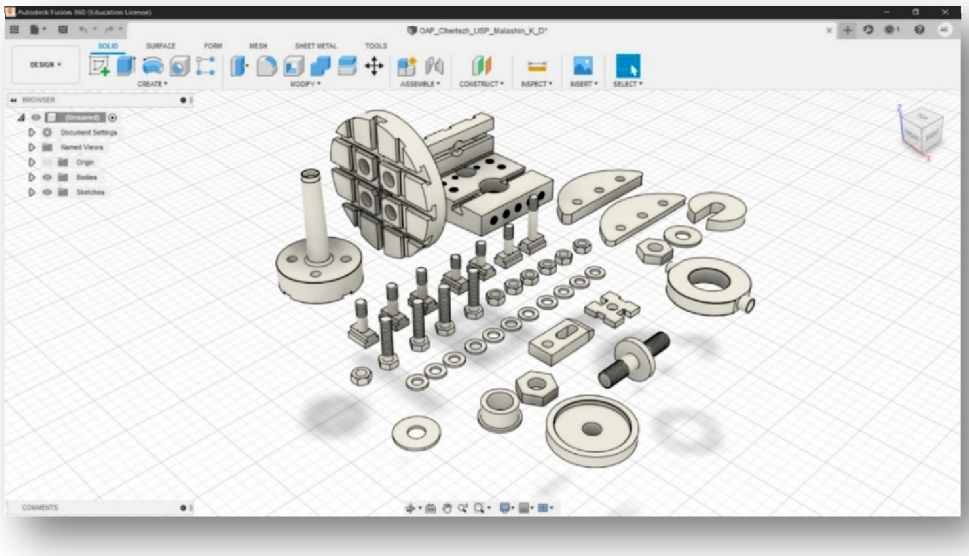


Рис. 2. Составные части будущей сборки

Рис. 3. Схема групповой работы в AutoCAD

На рисунках 3 и 4 представлены схемы реализации командной сборки УСП в среде AutoCAD и Fusion 360. В основе каждой лежит взаимосвязь участников проекта, обратная связь между ними.

В AutoCAD [4] работа строится следующим образом – весь объем проекта разделяется между участниками, каждому выделяется определённый набор деталей для моделирования. Далее необходимо объединить все подготовленные 3D-модели у проектировщика, отвечающего за сборку. Доставка элементов сборки достигается различными способами – с помощью электронных носителей, посредством электронной почты и т.д. Такой вариант взаимодействия является достаточно эффективным, но только при условии, что все участники проекта обладают необходимыми средствами связи.

С другой стороны, важным недостатком такой схемы взаимодействия является обратная связь между участниками – в процессе моделирования могут возникнуть определенные ошибки в геометрии, позиционировании и т.п., которые могут выявиться только при непосредственно сборке узла. Все это диктует необходимость внесения изменений в конструкцию, исправления ошибок. В таком случае проявляется недостаток использования сторонних ресурсов связи – с каждым участником приходится отдельно обсуждать все нюансы при том, что разные исполнители имеют различные способы связи. Внесение изменений занимает значительное время, после чего весь цикл повторяется заново.

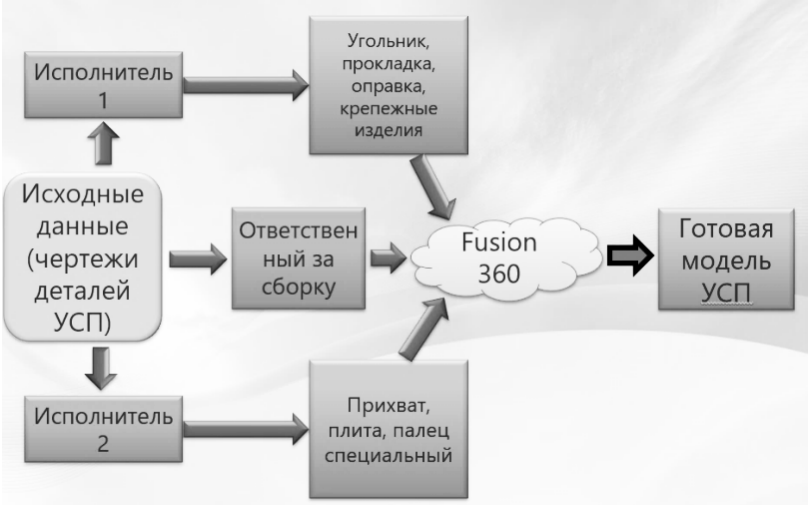


Рис. 4. Схема групповой работы в Fusion 360

Таким образом, представленная схема взаимодействия участников проекта является недостаточно эффективной с точки зрения временных затрат.

Альтернативным способом выполнения сборки является вариант с использованием Fusion 360 [5]. Одна из особенностей этой программы – встроенное облачное хранилище. Этот инструмент относится к специализированному ПО и предоставляет ряд полезных функций для оптимизации работы группы людей. Процесс взаимодействия участников по такой схеме отличается от представленного выше.

Каждый участник проекта, как и в предыдущем случае, должен предоставить свой комплект деталей «компановщику» – этот обмен информацией осуществляется через облачное хранилище. В нем создается отдельный проект, где видны все участники, все файлы и некоторая дополнительная информация. Функционал этого виртуального проекта позволяет всем участникам просматривать любые загруженные файлы и, самое важное, оставлять необходимые пометки и комментарии. Это позволяет участникам оперативно отреагировать и исправить выявленные недочеты.

Кроме этого, приложение облачного хранилища можно установить на мобильную технику – планшет, смартфон – и таким образом просматривать и делать необходимые замечания в любое время и в любом месте.

На рисунке 5 представлена сборка УСП, выполненная во Fusion 360.

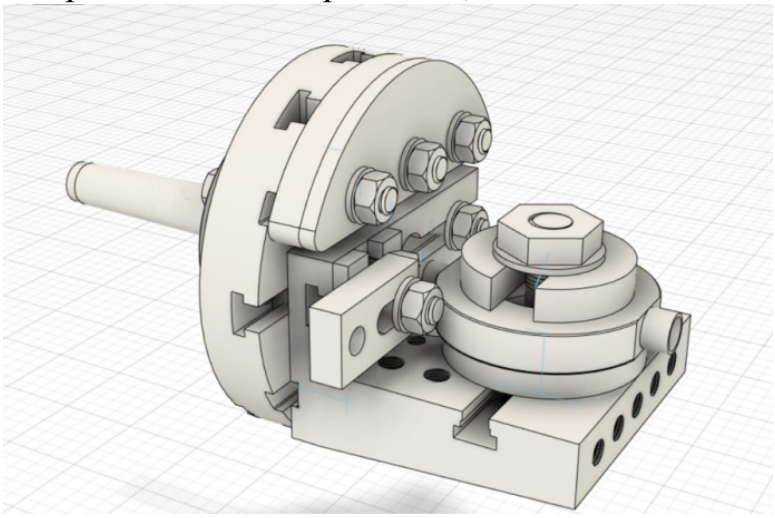


Рис. 5. Приспособление в собранном виде на экране

Исходя из результатов исследования, можно сделать вывод, что схема взаимодействия работников через «облако» является более эффективной. Из преимуществ можно отметить наличие единого общего канала связи, при котором все участники могут просматривать все доступные файлы. Наличие мобильного приложения позволяет работать с проектом и оставаться в курсе актуальной информации проекта в режиме онлайн и, соответственно, вовремя реагировать на все указания руководителя.

1. Калачёв, О. Н. Особенности создания в CAD/CAM Cimatron параметрических моделей технологической оснастки / О. Н. Калачёв // Информационные технологии. – 2000. – № 6. – С. 14–18

2. Калачёв, О. Н. Методика использования CAD/-CAM Cimatron для интерактивного проектирования сборок технологической оснастки / Калачёв, О. Н., Яблочников, Е. И. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. – № 12. – С. 7–11.

3. Калачёв О. Н. Автоматизация проектирования в MCAD-системе сборок типовых приспособлений для механообработки / Калачёв, О. Н.,

Чумак, Е. А. // Автоматизация и современные технологии. – Москва, 2004. – № 6. – С. 18–25.

4. AutoCAD. САПР общего машиностроения. – URL: https:// www.autodesk.ru/products/autocad/overview?plc=ACDIST&term=1-YEAR&support =ADVANCED&quantity=1 (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

5. Fusion 360. Интегрированное программное обеспечение CAD, CAM, CAE и PCB. – URL: https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МОТОР-КОЛЕСА КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА

Ю.С. Михайлова
Научный руководитель ***А.А. Фролов****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Применение электромеханической трансмиссии в горнодобывающей и строительной отрасли позволяет создать карьерную технику с большой грузоподъёмностью (300–600 тонн) с целью повышения производительности.

В отличие от гидромеханической трансмиссии электромеханический дизельный двигатель обладает высокой надежностью, относительно низкой стоимостью, простой эксплуатацией и ремонтопригодностью.

Механической частью силовых устройств в производстве автосамосвалов карьерного назначения являются мотор-колёса. Тяговые электродвигатели преобразуют электроэнергию в механическую и передают ее на ведущие колеса.

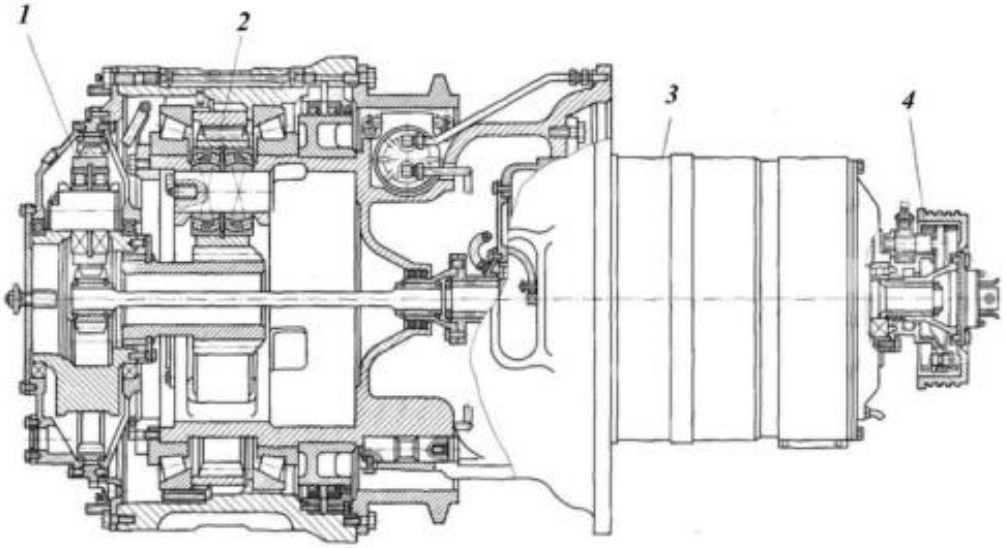


Рис. 1. Мотор-колесо карьерного автосамосвала

На рисунке 1 показан чертеж мотор-колеса карьерного автосамосвала, состоящего из колесного двухрядного планетарного редуктора дифференциаль-

ного типа, который имеет две ступени 1 и 2; электрический двигатель 3; тормозное устройство 4.

Главным преимуществом мотор-колёс является:

- способность передавать мощность от сотен до нескольких тысяч лошадиных сил от одного или нескольких дизелей к необходимому числу движителей;
- низкий расход по обслуживанию в сравнении с механической и гидромеханической трансмиссией;
- гиперболический диапазон регулирования скорости 1:20;
- легкая и эффективная автоматизация управления трансмиссиями.

Скоростная характеристика автосамосвала во время технического процесса зависит от местоположения карьера, его размеров, дорожных покрытий. На основе усреднённых данных построен рисунок 2.

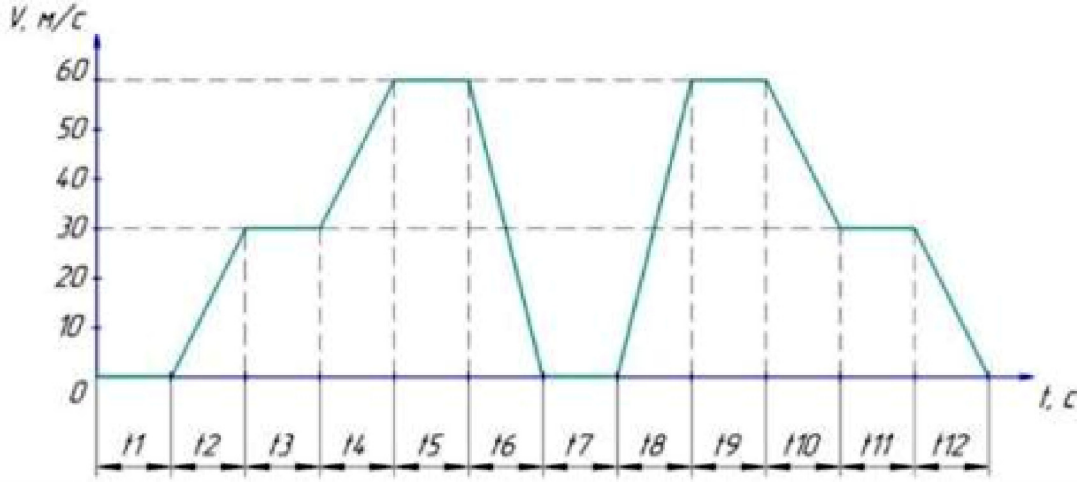


Рис. 2. Скоростная характеристика автосамосвала при выполнении транспортировки груза с карьера до места отгрузки

У карьерного автосамосвала существует два скоростных режима. На территории карьера максимальная скорость не превышает 30 км/ч, за пределами карьера скорость может доходить до 60 км/ч. На месте разгрузки самосвал снижает скорость до полной остановки. По осуществлению полной остановки гидропривод поднимает кузов для сброса материалов. Далее технологический процесс повторяется.

В данной работе наиболее выгодным будет скалярное управление, так как оно обеспечивает необходимое плавное нарастание момента и не вызывает особых сложностей в процессе эксплуатации.

В функциональной схеме, представленной на рисунке 3, вращение с дизельного двигателя 2 автосамосвала поступает на синхронный генератор 1. Напряжение с синхронного генератора выпрямляемся на неуправляемых выпрямителях 4 и 5. Напряжение с выпрямителя 4 питает обмотки возбуждения синхронного генератора. Напряжение с выпрямителя 5 через звено постоянного тока подается на инвертор. После инвертора трехфазное напряжение пода-

ется на асинхронные двигатели 9 и 10. Вращающий момент, развиваемый АД, через ступени редукторов поступает на колеса автосамосвала. Сбором данных и реализация управления работой электропривода выступает блок управления тяговым приводом 7. Торможение в данной системе происходит на тормозном устройстве R_b путем реостатного торможения, в котором энергия электрического двигателя переводится в тепловую энергию на тормозном устройстве.

Моделирование схемы в среде MATLAB Simulink позволяет визуализировать работу электропривода мотор-колеса автосамосвала и предусмотреть неисправности работы системы. Схема электропривода изображена на рисунке 4.

На рисунке 5 представлены осциллограммы, полученные при моделировании. В начальный момент времени t_0=0 с происходит пуск двигателя с номинальной нагрузкой (M_c=15 кН·м). Колебания связаны со «взятием» нагрузки. Двигатель разгоняется до номинальной скорости в 88 рад/с. В момент времени с 7 по 14 с проверяется перегрузочная способность двигателя путем наброса дополнительной нагрузки (M_c=30 кН·м). Двигатель не опрокидывается, следовательно, подобранный АД может выдерживать перегрузки. В момент времени t_1=12 с произошел сброс нагрузки. В t_2=14 с двигатель разогнался до номинальной скорости, торможение двигателя началось в t_3=16 с.

По данной осциллограмме видно, что отсутствуют ударные токи, характерные для пусков всех асинхронных двигателей. Также происходит плавное регулирование частоты вращения ротора АД.

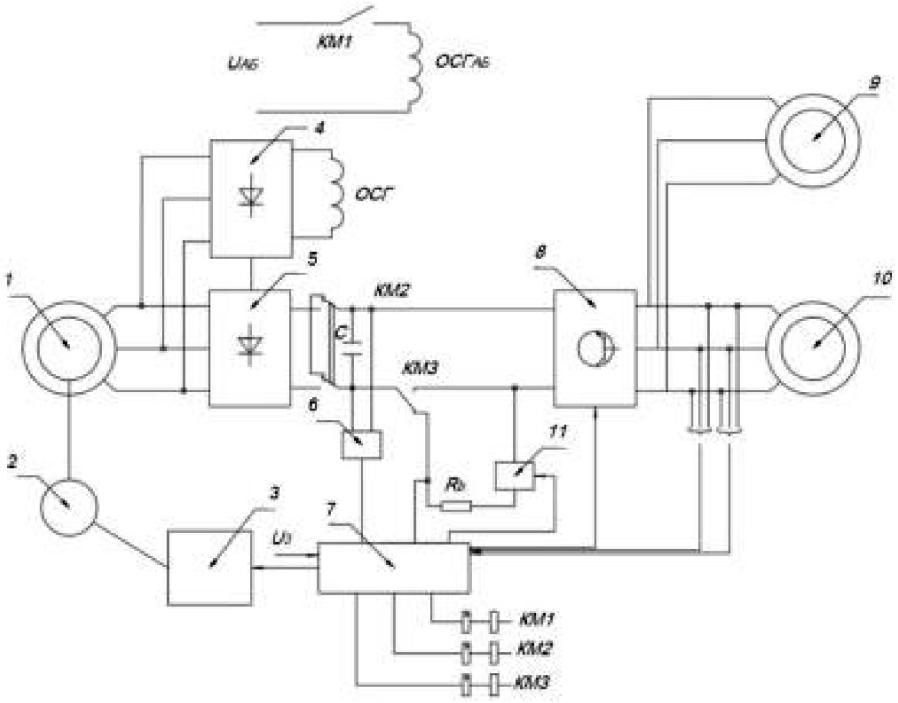


Рис. 3. Функциональная схема электропривода

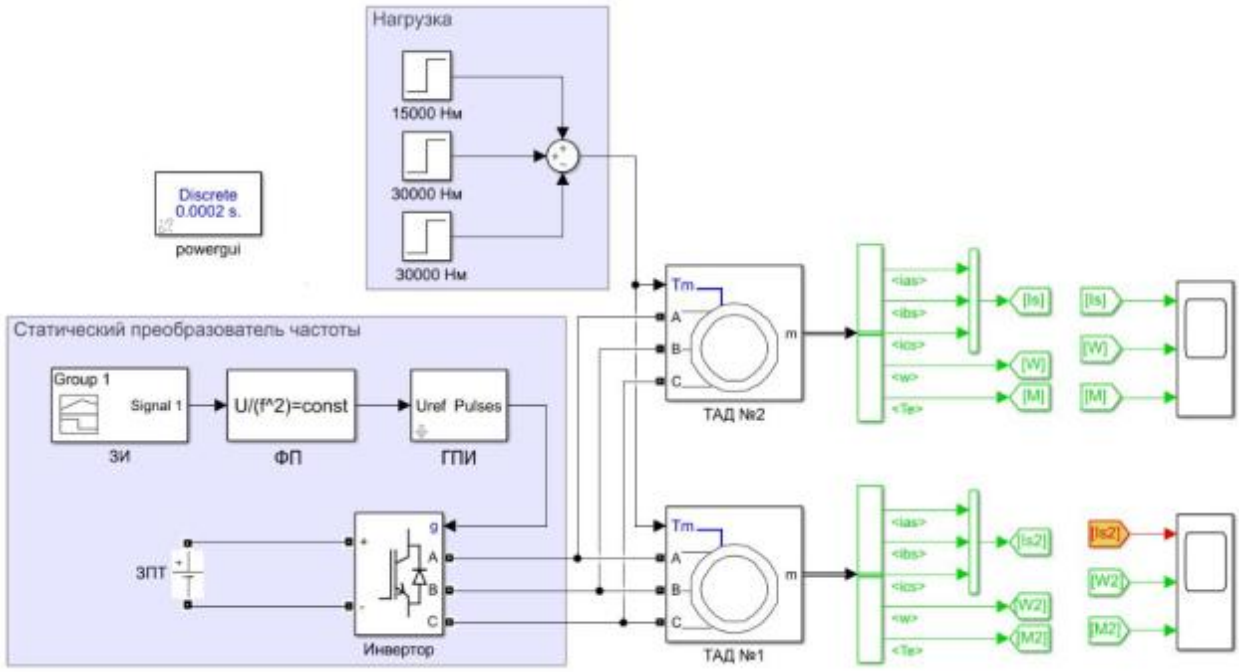


Рис. 4. Имитационная модель электропривода

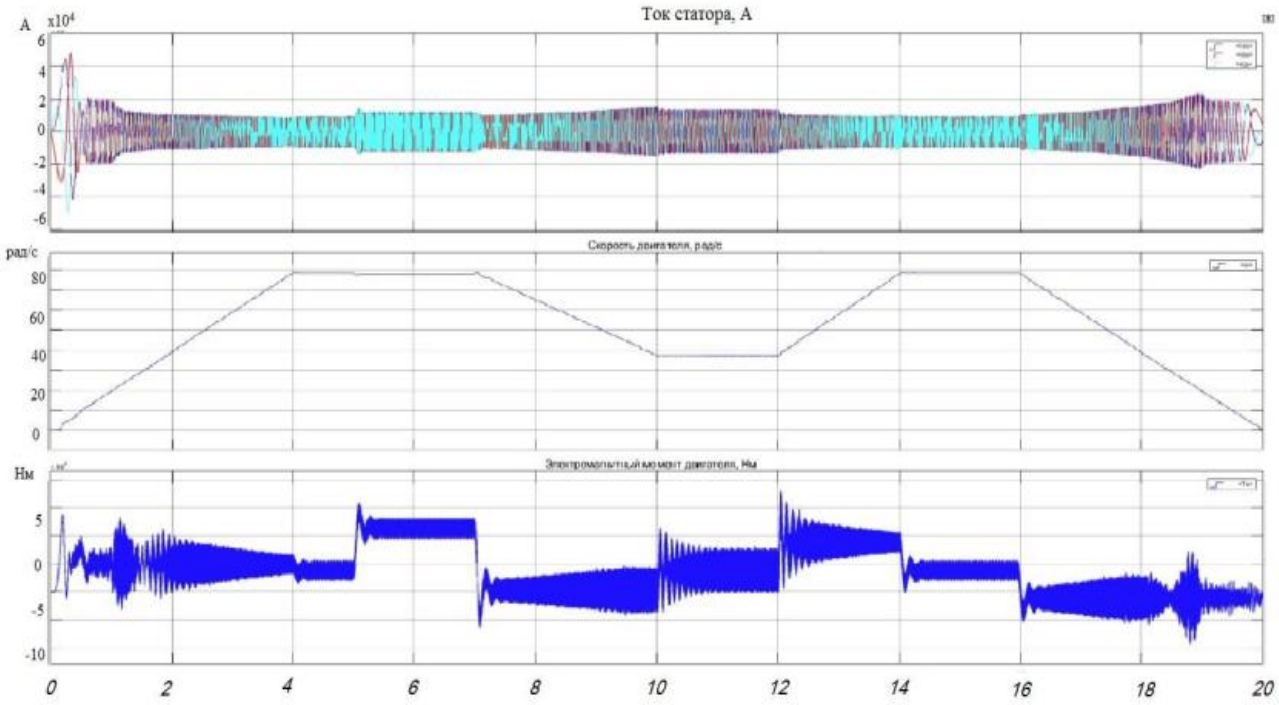


Рис. 5. Осциллограммы энергетических параметров асинхронного двигателя, полученные при скалярном управлении

В таблице произведено сравнение карьерного самосвала с гидромеханической и электромеханической трансмиссией.

Таблица

Сравнение трансмиссий

	Карьерный автосамосвал с гидромеханической трансмиссией	Карьерный автосамосвал с электромеханической трансмиссией
Стоимость карьерного автосамосвала, руб	50 000 000	55 000 000
Удельный расход дизельного топлива, $\frac{л}{кВт} \cdot ч$	0,242	0,237
Длительность рабочего дня, час	12	12
Расход топлива, л/год	2 032 320	1 992 900
Экономия топлива в год, руб	1 971 000	
Срок окупаемости, год	2,53	

Экономия происходит за счет снижения количества потребляемого топлива, цены на которое имеют тенденцию расти; можно предположить, что через некоторое время экономическая окупаемость упадет.

Внедрение карьерных автосамосвалов с электромеханической трансмиссией позволяет сэкономить расходы на обслуживание, топливо, а также увеличить производительность работы за счет увеличения единоразовой перевозимой массы породы. Введение преобразователя частоты увеличит срок службы изоляции электродвигателя за счет снижения пусковых токов до незначительных бросков.

1. Васильев, Б. Ю. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства. Расчет и моделирование асинхронного электропривода с векторной системой управления : учебное пособие / Б. Ю. Васильев. – Энергетика, 2018. – 62 с.

2. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П. А. Мариев, Н. А. Егоров, А. А. Кулешов, И. В. Зырянов. – Санкт-Петербург : Наука, 2004. – 430 с.

3. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / П. А. Мариев, Н. А. Егоров, А. А. Кулешов, И. В. Зырянов. – Санкт-Петербург : Наука, 2006. – 392 с.

4. Пронин, М. В. Электромеханотронные комплексы и их моделирование по взаимосвязанным подсистемам / М. В. Пронин, А. Г. Воронцов. – Санкт-Петербург : Ладога, 2017. – 171 с.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А.В. Мороз
Научный руководитель ***В.А. Раков****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

На гибридных и электрических транспортных средствах используются накопители электрической энергии большой емкости. Они могут накапливать достаточное количество энергии для обеспечения запаса хода в несколько сотен километров. По сравнению с обычными автомобилями с ДВС электрические транспортные средства не имеют выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации. Но этап производства и утилизации таких транспортных средств отличается. В зависимости от состава такие батареи подразделяются на никель-металлогидридные и литий-ионные.

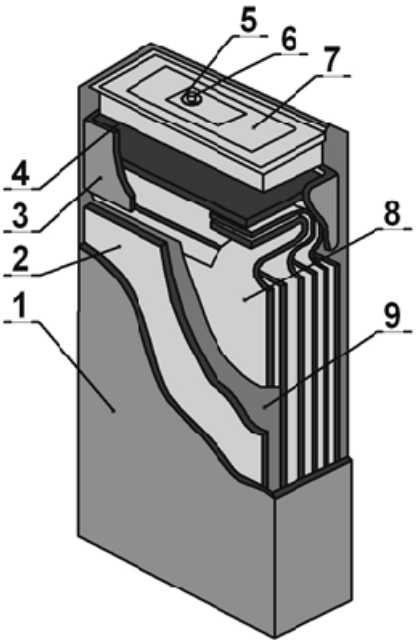


Рис. Конструкция (Ni-MH) аккумулятора: 1 –корпус; 2 – отрицательный электрод; 3 – изолятор; 4 –изоляционная прокладка; 5 – колпачок клапана; 6-датчик давления; 7 – крышка; 8 – положительный электрод; 9 – сепаротор

В Ni-MH призматических аккумуляторах положительные и отрицательные электроды размещены поочередно, а между ними размещается сепаратор. Блок электродов вставлен в металлический или пластмассовый корпус и закрыт герметичной крышкой. На крышке устанавливается датчик давления (рис.).

В Ni-MH-аккумуляторах используется щелочной электролит, состоящий из КОН (едкий калий) с добавкой гидроксида лития LiOH. В качестве сепаратора в Ni-MH аккумуляторах применяются нетканые полипропилен и полиамид толщиной 0,12–0,25 мм, обработанные смачивателем.

Выбросы при производстве батарей электрических транспортных средств не значительны. Массы Ni-MH батарей для гибридных автомобилей составляет примерно 5 кг [1]. При производстве 1 кг Ni-MH батарей выбрасывается 1,69 кг парниковых газов. Общие выбросы одной батареи составят примерно 140 кг. Примерно столько же образуется за 900 км пробега [1].

Положительный электрод представляет собой оксидно-никелевый пористый слой на пенополимерной основе. Отрицательный электрод состоит из по-

рошка или пасты активной массы, обладающей водород-абсорбирующими свойствами и нанесенной на токопроводящую сетку.

Согласно докладу, подготовленному для Европейской экономической комиссии в 2019 году [2], выбросы CO_2 при производстве литиевых аккумуляторов для электромобилей в пересчете на 1 кВтч емкости составляют 61 кг. Также из доклада следует, что с каждым годом производство аккумуляторов становится все более экологичным.

Для производства литиевых аккумуляторов требуется литий, который добывается из месторождений открытым способом. В среднем для производства 1 тонны лития требуется переработать 250 тонн руды. Переработка литиевых аккумуляторов более выгодна, чем добыча руды. Из доклада [1] следует, что при переработке удается извлечь до 50 % лития, до 33 % кобальта и около 5 % никеля. Перерабатывающие компании принимают литиевые аккумуляторы по такой же цене, что и свинцовые, а значит вероятность того, что эти батареи будут выбрасываться на свалки и загрязнять почву, очень низка. В таблице представлены сравнительные характеристик некоторых аккумуляторов электромобилей [2].

Таблица

Сравнительные характеристики аккумуляторных батарей различных типов транспортных средств

*	BEV (большое)	BEV (малое)	PHEV	BEV (грузовое)	PHEV (грузовое)	Resid. ESS	Comm. ESS
Экономич. обоснов. срок службы (лет)	13	14	13	14	12	20	20
Потребление эл. энергии [кВтч/км]	0,2	0,16	0,18	1,2	1,4	н.д	н.д
Макс. срок службы, лет	20	20	20	20	20	25	25
Ном. емкость. кВтч	80	40	12	30	20	10	10
Средняя эффект-ть, %	92	92	92	92	92	92	92
Эффект-ть заряда, %	85	85	85	92	92	98	98
Эфф-ть рекуперации энергии торможения, %	20	20	20	12	6	н.д	н.д
Доля переработки при рециклинге, %	50.2	50.2	50.5	50.2	50.5	51.4	51.4

** BEV (Battery Electric Vehicle) – транспортное средство на аккумуляторных источниках питания.*

PHEV (Plug in Hybrid Electric Vehicle) – подзаряжаемые гибридные транспортные средства.

Resid. ESS – транспортные средства оснащенные системой рекуперативного торможения.

Comm. ESS – транспортные средства оснащенные системой накопления рекуперируемой энергии.

Выбросы от использования аккумуляторов будут зависеть также и от ресурса при эксплуатации. Согласно имеющейся статистике батареи электромобиля хватает примерно на 10–15 лет или 200–300 тыс. км пробега.

В соответствии с Приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 242 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов» литий-ионные АКБ имеют код 4 82 201 31 53 2, относятся к II классу опасности – высокоопасные отходы. По агрегатному состоянию они представляют собой изделие, содержащее жидкость [3–4].

В состав батарей входят: диоксид марганца; графит; литий; пропилен карбонат; перхлорат лития; сталь; диметоксиметан, кобальтат лития, литий-феррофосфат. Опасными компонентами отходов являются марганец и диметоксиметан.

Необходимо также отметить, что короткое замыкание заряженной АКБ может вызвать ее нагрев до 450 °С и взрыв. В связи с этим требуются определенные меры безопасности и технология переработки.

В целом можно сделать вывод, что электрические накопители энергии на основе литий-ионных и металлогидридных аккумуляторов, применяемые на электрических транспортных средствах, в процессе утилизации создают вред окружающей среде не более чем обычные свинцово-кислотные аккумуляторы, а получаемое при переработке сырье также может быть использовано повторно. Также нужно отметить, что обращение с утилизируемыми батареями такого типа требует особых мер безопасности ввиду их горючести и взрывоопасности.

1. Капустин, А. А. Методика оценки влияния типа двигателя гибридных автомобилей на их экономичность и экологическую безопасность / А. А. Капустин, В. А. Раков // Организация безопасность движения в крупных городах : сборник трудов участников двенадцатой международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2016. – С. 639–645.

2. Preparatory Study on Ecodesign and Energy Labelling of Batteries under FWC ENER/C3/2015-619-Lot. TASK 5 Environment & economics – For Ecodesign and Energy Labelling 1 – URL: https://ecodesignbatteries.eu/sites/ecodesignbatteries.eu/files/attachments/ED%20Battery%20study%20Task5_v3_20190823.pdf (дата обращения 25.11.2020).

3. Капустин, А. А. Оценка выбросов вредных веществ при рециклинге авто-мобилей / А. А. Капустин, В. А. Раков // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования : материалы международной научно-технической конференции. – Вологда : ВоГУ, 2017. – С. 104–108.

4. Инструкция по обрщению с отходами II класса опасности «Отходы литий-ионных аккумуляторов неповрежденных» – Текст : электронный // Техэксперт – URL: http://docs.cntd.ru/document/872816564 (дата обращения 05.11.2020)

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

И.С. Петряшов
Научный руководитель ***В.Ф. Булавин****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Топологическая оптимизация представляет собой подход к оптимизации формы изделия, при котором путем распределения материала и уменьшения его количества для несущих нагрузку зон обеспечивается сохранение свойств детали. Использование изделий оптимизированной формы наиболее актуально для авиакосмической отрасли, где важно сохранение функционала изделия при снижении его веса.

Изготовление сложной по форме оптимизированной детали целесообразно в больших партиях при применении методов литья и штамповки. Однако эти технологии имеют ряд недостатков: усадка материала, пористость, шлаковая раковина и другие. С развитием аддитивных технологий, связанных с послойным созданием объектов, а не удалением или перераспределением материала, становится целесообразно изготавливать как единичные изделия, так и малые партии изделий. Достигается это за счет быстрой переналаживаемости оборудования, снижения числа производственных операций, снижения вероятности брака и других способов.

Рассмотрим один из примеров создания топологически оптимизированной в программном продукте Autodesk Fusion 360 детали «Уголок основания», использующейся в дельта-принтере как связующий элемент основания и направляющих принтера (рис. 1).

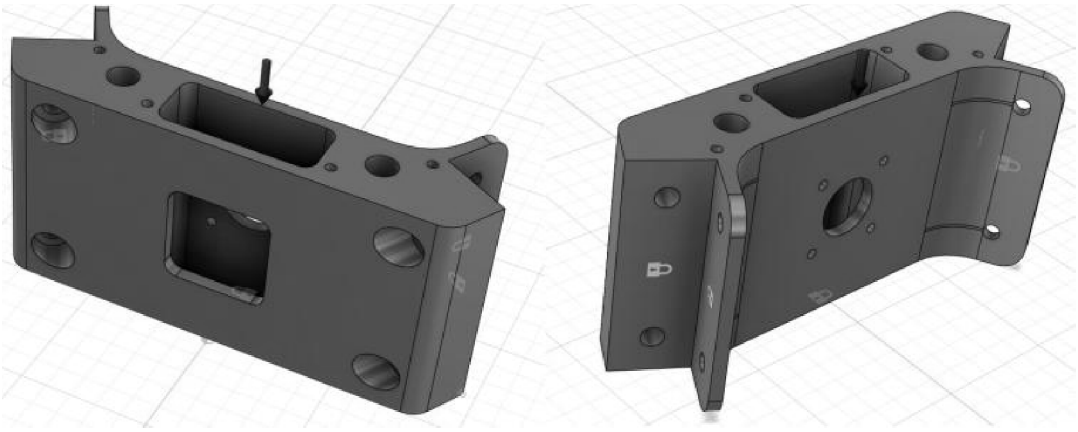


Рис. 1. Деталь «Уголок основания»

Цифровая модель изделия может быть создана в любой CAD платформе и импортирована, используя универсальные форматы IGES или STEP, из других программных продуктов [1]. Применив опцию «Shape Optimization» (оптими-

зация формы) к исходной конфигурации детали, необходимо указать базовые и крепежные поверхности детали, а также выбрать процентное соотношение массы оптимизированной детали к исходной. CAE платформа распределит материал в объеме исходной детали по заданным поверхностям. При попытке получить слишком легкую деталь, решения, которое могло бы обеспечить сохранение функционала получаемой детали, может и не быть. В случаях неверного указания необходимых поверхностей может получиться так, что материал не будет распределен на необходимые поверхности, как на рисунке 2 [3].

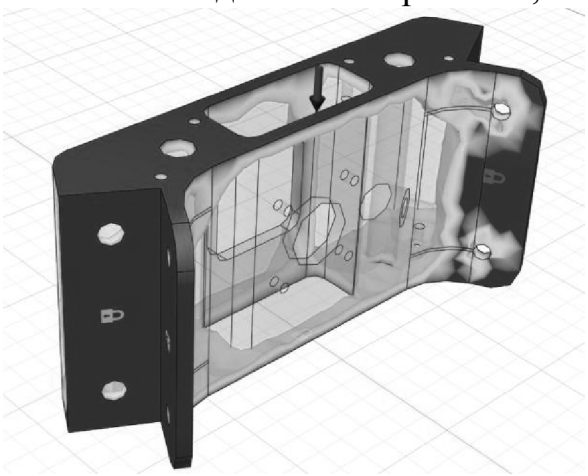


Рис. 2. Ошибка указания поверхностей

Поверхность в центре детали (рис. 2), предназначенная для крепления шагового электродвигателя, не заполнена материалом. В случае верного указания необходимых поверхностей, отверстий и процентного соотношения массы, можно получить одно из множества решений топологической оптимизации, которое представлено в двух видах на рисунке 3. Новый конструктив представляет собой решение оптимизации при соотношении масс в 40 %. Если полученное решение устраивает, то деталь формируется при помощи сетки конечных элементов.

К сожалению, результат топологической оптимизации не является конечным – окончательную форму детали интерпретирует конструктор. Готовая 3D-модель детали представлена на рисунке 4. Для получения изделия такой формы в производственных условиях целесообразно применять литье или аддитивные технологии.

Получив готовую форму детали, необходимо удостовериться, что данная деталь способна обеспечить работоспособность устройства с учетом воздействующих на нее нагрузок. Основная нагрузка, воздействующая на деталь, в процессе работы и простоя – это вес верхней части принтера, опирающейся на поверхность уголка при помощи держателей направляющих. Приложим заведомо большую нагрузку на опорные поверхности деталей в размере 300 Н, что составляет примерно 30 кг. Материал детали – алюминий, масса исходной детали – 1049 грамм.

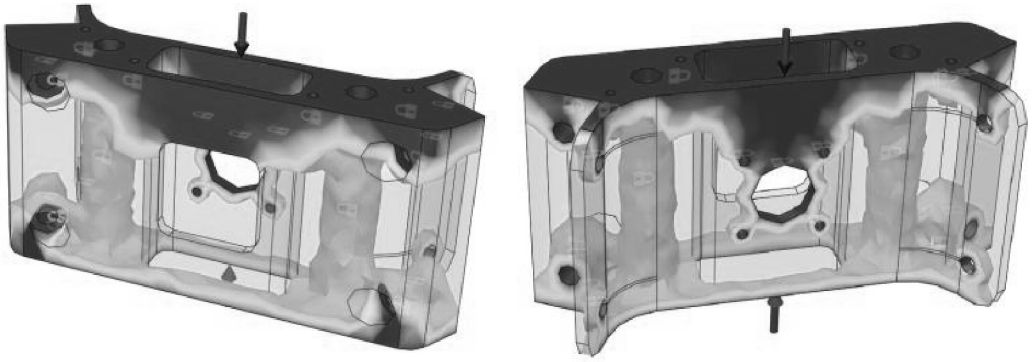


Рис. 3. Решение топологической оптимизации

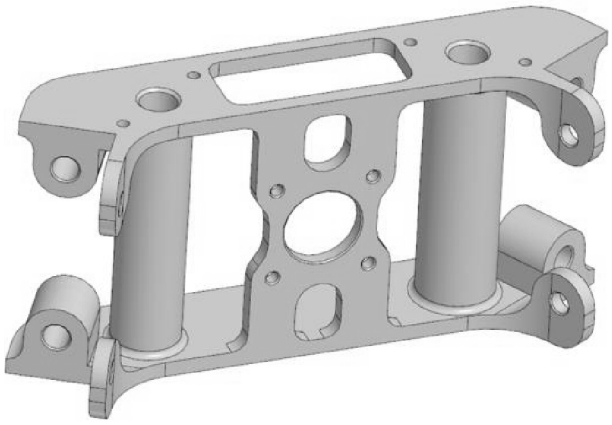


Рис. 4. 3D оптимизированной и сглаженной модели детали

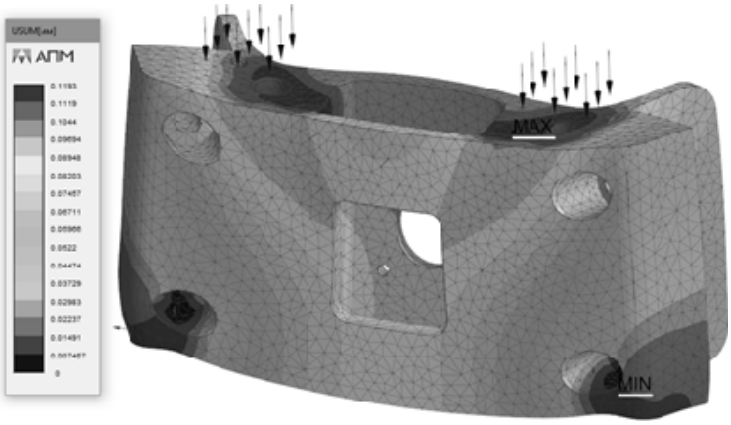


Рис. 5. Перемещения в неоптимизированной детали

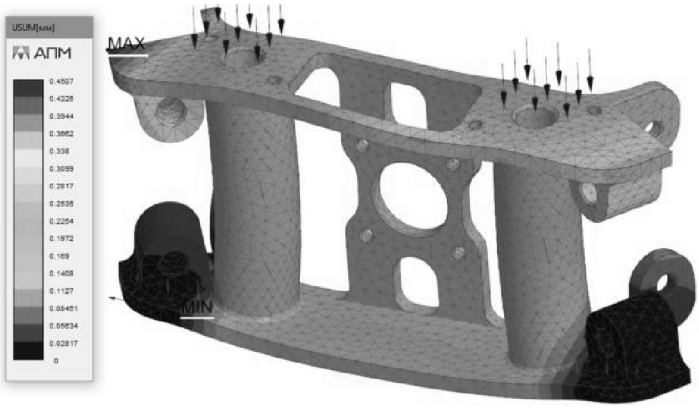


Рис. 6 . Перемещения в оптимизированной детали

Как можно заметить на эпюрах перемещений (рис. 5, 6), максимальное перемещение неоптимизированной детали составляет 0,12 мм, а оптимизированной детали – 0,45 мм, что является допустимым, учитывая повышенную нагрузку. При этом наибольшие перемещения соответствуют наиболее уязвимым местам деталей. В случае неоптимизированной детали смещение происходит в цент детали, так как там наименее жесткая часть конструкции. А в случае оптимизированной детали наибольшее смещение при нагрузке соответствует верхним крайним поверхностям детали. Итоговое соотношение масс при этом составляет 58 % [2].

1. Булавин, В. Ф. PLM-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли / Булавин В. Ф., Яхричев В. В., Глазков В. А. – DOI: 10.18698/0536-1044-2018-8-37-49 // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 8. – С. 37–49.

2. Булавин, В. Ф., Яхричев, В. В., Степанов, А. С. Политика цифровых технологий на малых машиностроительных предприятиях / Булавин, В. Ф., Яхричев, В. В., Степанов, А. С. – DOI: 10.18698/0536-1044-2019-9-35-45// Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2019. – № 9. – С. 35–45.

3. Цифровой формат подготовки приборостроительного производства. Часть 1. Конструкторский этап / В. Ф. Булавин, Т. Г. Булавина, В. В. Яхричев, А. С. Степанов. – DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-3-157-166 // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – № 3. – С. 1–8.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ГРУЗОВЫХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

А.Е. Тихомиров
Научный руководитель ***А.В. Соколов****, канд. техн. наук*
Ярославский государственный технический университет
г. Ярославль

Учитывая то, что изменяющийся климат Земли представляет собой одну из самых важных угроз, с которыми когда-либо сталкивалось человечество, на сегодняшний день представляется необходимым учитывать экологическую составляющую при совершенствовании технологических процессов на транспорте, чтобы избежать серьезных климатических последствий. Согласно статистике, транспортная отрасль выбрасывают около 22 % от всех выбросов CO_2 [1]. И эта доля растет, потому что другие секторы экономики сокращают свои выбросы быстрее, чем транспорт. Необходимо отметить, что три четверти этого объема, выбрасывается автомобильным транспортом, причем в прак-

тически равном соотношении между легковыми и грузовыми транспортными средствами [1].

Сейчас существует несколько различных подходов к решению этой проблемы. Одной из самых перспективных технологий являются электромобили, однако они не лишены минусов. Электромобили являются полностью экологически чистыми на дороге, что, бесспорно, является преимуществом перед транспортными средствами с ДВС. Однако производство электроэнергии требует ресурсов и создает большое количество вредных выбросов. Чтобы можно было говорить о полной экологической чистоте таких автомобилей, необходимо получать электроэнергию из чистых источников. Такие источники требуют особых условий и не могут быть размещены в любом месте, что ограничивает их возможное количество. Важна также и экономическая сторона вопроса – сложные технологии требуют больших вложений.

Отдельной технологией в области электромобилей являются электромобили на водородных топливных элементах. Такие транспортные средства имеют некоторые преимущества перед обычными электромобилями, но имеют и свои проблемы. Многие технические преимущества и ограничения аккумуляторных батарей и топливных элементов коренятся в фундаментальных электрохимических механизмах, которые они используют. Маловероятно, что производительность этих технологий когда-либо сравняется, и поэтому их применимость для конкретных целей всегда будет разной. Многие сторонники транспортных средств на водородных топливных элементах считают, что водородный транспорт дополняет электротранспорт, а не конкурирует с ним. Также считается, что эта технология наиболее перспективна применительно к грузовому транспорту и автобусам. Обе технологии могут сосуществовать в будущем, в то время как аккумуляторы подходят для коротких расстояний и небольших транспортных средств, топливные элементы подходит для среднебольших транспортных средств и дальних расстояний.

Нужно добавить, что транспортные средства на водородных топливных элементах также являются экологически чистыми только на дороге. Мировая статистика по производству водорода показывает, что 48 % водорода производится с сжиганием природного газа, 30 % – нефти, 18% – угля и только 4 % с использованием возобновляемых источников [2].

Для того чтобы можно было провести сравнение текущей экологичности автомобилей с ДВС и электромобилей, можно произвести пересчет количества выбросов CO_2 на километр, учитывая выбросы при производстве электроэнергии или водорода. Важно отметить, что такое сравнение условно, так как сами по себе электромобили не имеют выбросов. Исходными данными будут являться: запас хода, объем топлива или емкость аккумуляторной батареи в случае электромобиля. Примем во внимание, что большинство водорода производится методом паровой конверсии, а 63 % электроэнергии в мире вырабатывается тепловыми электростанциями. При получении одного килограмма

водорода в воздух попадает 9,5 килограммов CO_2. Допустим, что электроэнергия для электромобиля вырабатывается тепловой электростанцией при сжигании каменного угля. На один килограмм каменного угля приходится 7–8 кВт·ч и 2,29 килограмма CO_2. Расчет проведем по (1):

$$m_{CO_2} = \frac{E / E_1 \cdot m}{L}, \text{кг / км}, \quad (1)$$

где E – емкость аккумуляторной батареи (запасаемая энергия), кВт·ч;

E_1 – количество вырабатываемой энергии на 1 кг топлива, кВт·ч;

m – масса CO_2, которая выделяется при сжигании 1 кг топлива, кг;

L – запас хода транспортного средства, км.

Для электромобиля на водородных топливных элементах формула преобразуется:

$$m_{CO_2} = \frac{m_т \cdot m_{пк}}{L}, \text{кг / км}, \quad (2)$$

где $m_т$ – масса топлива в баках, кг;

$m_{пк}$ – масса CO_2, которая выделяется при получении 1 кг водорода методом паровой конверсии, кг;

Результаты расчета представлены в таблице.

Таблица

Результаты расчета

	ДВС	Электромобиль	Электромобиль на водородных топливных элементах
Автомобиль	MAN TGS 18.400	DAF CF Electric	Kenworth T680 (Toyota FCET)
Запас хода, км	2100	100	482
Запас топлива (емкость аккумуляторной батареи (запасаемая энергия))	680 л	170 кВт·ч	55кг
Выброс CO_2 г/км	743	519*	1080*
*Выброс CO_2 получен с помощью перерасчета выбросов при производстве электроэнергии и водорода, электромобиль не имеет выбросов CO_2			

Из полученных значений следует, что на данном этапе развития электроэнергетической отрасли, при текущих, не слишком экологически чистых способах получения электроэнергии и водорода, применение грузовых электромобилей и транспортных средств на водородных топливных элементах даст только частичный местный экологический эффект в виде отсутствия отработавших газов, в то время как проблема выбросов CO_2 останется нерешенной.

Может быть электромобили на водородных топливных элементах не так экономически и экологически эффективны, как могли бы быть, но факт того

что развитие происходит, уже является улучшением устаревших источников энергии от которых зависит общество. Нельзя ожидать что такие транспортные средства будут также дешевы, как и транспортные средства, использующие углеводородное топливо, использующееся гораздо дольше. Однако нельзя отрицать, что получаемые преимущества стоят затрат. Изменение климата становится все большей проблемой и при использовании экологически чистых источников энергии, снижение выбросов от использования электромобилей в общем и транспортных средств на водородных топливных элементах может оказать значительное влияние. Более того, водород – это возобновляемый источник энергии. Неважно, насколько недорогим является другой источник энергии, если его запасы иссякнут. Необходимо смотреть в будущее и искать источники энергии, которые могут быть использованы позже. Фокусировка на стоимости сейчас, игнорирование возможных последствий – недальновидное решение, котрое обязательно приведет к еще большим, не только экологическим, но и энергетическим проблема в будущем.

1. Rodrigue, JP. The Geography of Transport Systems / JP. Rodrigue. – 5th edition – London : Routledge, 2020. – 468 p.

2. Alternative fuels and advanced vehicle technologies for improved environmental performance / Edited by Richard Folkson. – Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2014. – 803 p.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ И РЕЖИМА РАБОТЫ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЛИТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА

Н.В. Чичканов

Научный руководитель ***С.В. Карпушкин****, д-р техн. наук, профессор*

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов

Оптимизация параметров конструкции и режима функционирования нагревательной плиты гидравлического пресса сводится к определению числа и взаимного расположения нагревателей заданного типа (индукторы, ТЭНы, спиральные нагреватели), их конфигураций и расположения в объеме плиты, мощности каждого из них, которые обеспечивали бы минимальную степень неравномерности температурных полей в объёме обрабатываемых изделий. Существуют два общепринятых подхода к решению этой задачи: 1) моделирование температурных полей в изделиях [1, 2] и минимизация перепада температур по их объёму; 2) моделирование температурного поля плиты и минимизация перепада температур по ее рабочей поверхности [3, 4] (считается, что

равномерное температурное поле нагревательных плит пресса обеспечит равномерный прогрев изделий или пресс-форм с изделиями).

Результаты решения поставленной задачи, полученные с использованием первого способа, применимы только к конкретным изделиям. Однако в промышленной практике принято проектировать универсальные нагревательные плиты, предназначенные для обработки широкой гаммы изделий. По этой причине принято решение о разработке методики оптимизации с применением второго способа, который к тому же существенного упрощает задачу: в расчётную модель включается только нагревательная плита, состоящая из основания, крышки и нагревателей.

К числу факторов, существенно осложняющих оптимизацию конструктивных и режимных параметров нагревательных плит, относятся:

1. Сложность физических процессов (прежде всего, электромагнитных, характерных для индукционного нагрева плит из ферромагнитной стали), а также большое количество воздействующих факторов.

2. Тепловые процессы в плитах прессов являются нестационарными.

3. Для определения температурных полей необходимо решать дифференциальные уравнения теплопроводности с граничными условиями 3-го и 4-го рода [3, 4], что требует существенных затрат машинного времени. Поэтому применение методов оптимизации, предусматривающих многократное решение уравнений математической модели нагрева плиты, затруднительно из-за ограниченности вычислительных ресурсов и больших затрат времени. Данный фактор усиливается большим числом оптимизируемых параметров плиты.

4. Конструкционные и режимные параметры по-разному влияют на температурное поле плит, отличающихся конфигурацией, числом и расположением нагревателей. Поэтому невозможно выработать универсальные рекомендации для оптимального проектирования и оценки нагревательных плит.

Предлагается следующая методология оптимизации: 1) проведение вычислительных экспериментов на детерминированной математической модели нагрева плиты в соответствии с методами планирования экспериментов; 2) построение по данным экспериментов поверхности отклика (зависимости, приближенно связывающей варьируемые переменные с критерием оптимальности) и проверка достоверности аппроксимации; 3) поиск значений варьируемых переменных, соответствующих экстремуму поверхности отклика.

В качестве объекта исследования выбрана плита индукционного нагрева с прямоугольными индукторами, применяемая для производства резинотехнических изделий на АО «Завод Тамбовполимермаш» (рис. 1). Эта плита длиной $l_п$ = 500 мм, шириной $s_п$ = 410 мм и высотой $h_п$ = 70 мм имеет четыре индуктора прямоугольной формы размерами 172×127 мм в пазах сечением 25×25 мм. Средняя мощность плиты составляет 5 кВт.

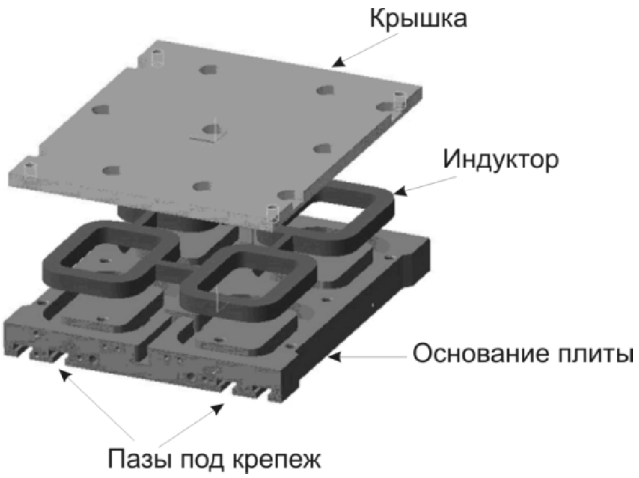


Рис. 1. Нагревательная плита с прямоугольными индукторами

Поскольку целью оптимизации является получение равномерного температурного поля, в качестве переменной состояния y, которая однозначно характеризует эффективность объекта, выбран перепад температур по рабочей поверхности исследуемой нагревательной плиты:

$$y = \Delta T = T_{max} - T_{min}. \quad (1)$$

Поскольку индукторы расположены симметрично относительно геометрического центра плиты, расчеты проводились для ее четверти с одним индуктором. Основными факторами, влияющими на величину y, в данном случае являются: длина ($x_1 = l$) и ширина индуктора ($x_2 = s$), координаты его центра относительно нижнего левого угла рабочей поверхности плиты ($x_3 = xc$, $x_4 = yc$) и мощность индуктора ($x_5 = Q$).

Интервалы варьирования геометрическими параметрами индуктора должны обеспечивать выполнение ограничений на минимальное расстояние между индуктором и краем плиты, равное ширине паза (25 мм). Интервал варьирования мощностью индуктора должен обеспечивать нагрев рабочей поверхности четверти плиты до заданной рабочей температуры за заданное время.

Выбор правила варьирования значений всех факторов (плана эксперимента) должен удовлетворять следующему ограничению: порядок плана не меньше порядка уравнения регрессии d, т.е. значение i-го фактора должно варьироваться не менее, чем на $c_i \geq d + 1$ различных уровней. Согласно универсальной рекомендации теории планирования эксперимента центр плана помещен в середину области определения факторов.

Ключевым моментом является выбор общего вида уравнения регрессии, поскольку от него зависит точность восстановления неизвестной функции

$$f(\mathbf{X}, b_0, b_1,\ldots,b_{m-1}),$$

где $\mathbf{X} = \{x_1, x_2,\ldots,x_k\}$ – вектор факторов, b_j, $j = 0,\ldots,m-1$ – постоянные коэффициенты, k – число факторов, m – число коэффициентов уравнения регрессии. Если слагаемые уравнения регрессии (базисные функции) линейно независимы, то равенства $\partial f / \partial b_j = 0$ образуют систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) порядка m, имеющую единственное решение.

Однако теория планирования эксперимента не дает каких-либо общих рекомендаций по выбору вида уравнения регрессии в конкретных ситуациях. На практике обычно идут от простых зависимостей к сложным, поэтому был проведён сравнительный анализ результатов оптимизации конструктивных характеристик исследуемой нагревательной плиты (факторы x_1, x_2, x_3, x_4), полученных с применением квадратической и кубической аппроксимаций, для которых использовались трёхуровневый полный факторный эксперимент (ПФЭ) второго порядка и четырёхуровневый ПФЭ третьего порядка соответственно.

При реализации квадратичной аппроксимации необходимое число экспериментов $N = 3^4 = 81$, а уравнение регрессии имеет вид:

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = b_0 + \sum_{i=1}^{4} b_i x_i + \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=i}^{4} b_{ij} x_i x_j \qquad (2)$$

и включает $m_2 = 1 + k + \sum_{i=1}^{k} i = 15$ определяемых коэффициентов.

На рисунке 2 представлена поверхность отклика (2) при фиксированных длине и ширине индуктора ($x_1 = l = 215$ мм, $x_2 = s = 170$ мм). Параболоид на рисунке 2 имеет единственный минимум во внутренней области, следовательно, области варьирования координат центра индуктора заданы корректно.

На рисунке 3 приведён график достоверности квадратичной аппроксимации. В точках плана эксперимента определены отклонения по формуле:

$$\Delta_i = |f(x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, x_{4i})|, \; i = 1,\ldots,N\,. \qquad (3)$$

Аналогичным образом была реализована кубическая аппроксимация. С использованием встроенных средств системы Mathcad найдены значения варьируемых переменных, при которых достигаются минимумы поверхностей отклика в обоих случаях. Данные, позволяющие оценить эффективность аппроксимаций, сведены в таблицу.

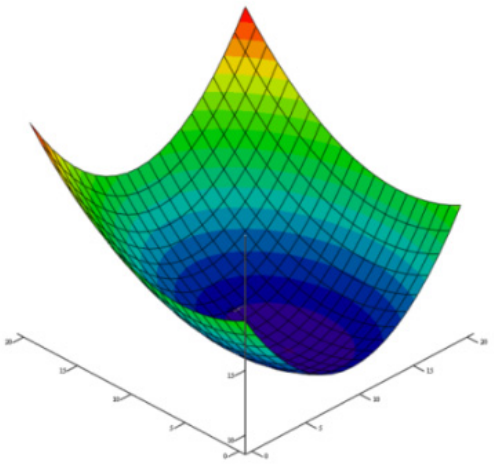


Рис. 2. Поверхность отклика (2)

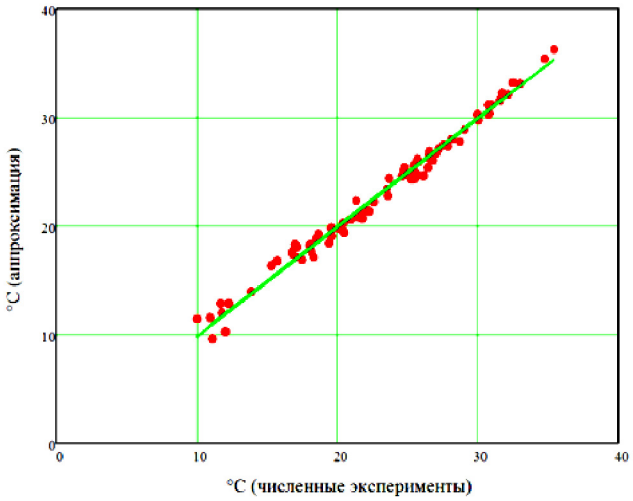


Рис. 3. Достоверность поверхности (2)

Таблица

Результаты применения аппроксимаций

Тип аппроксимации	Число эксп-тов N	Порядок СЛАУ m	Max$\{\Delta_i\}$, °C	Оптимальные значения факторов, мм			
				x_1	x_2	x_3	x_4
Квадратичная	81	15	1,7	215	170	127,9	99,4
Кубическая	256	35	2,2	212,8	170	127,7	99,0

Различия в оптимальных значениях факторов между квадратичной и кубической аппроксимациями не превышают 1 %. Для кубической аппроксимации максимальное отклонение выше, чем для квадратичной, что объясняется избыточностью экспериментальных данных.

Таким образом, в данном случае целесообразнее применение уравнения регрессии второго порядка, поскольку увеличение порядка не приводит к существенным изменениям результатов, а затраты машинного времени на проведение численных экспериментов возрастают более чем в 3 раза.

1. Карпушкин, С. В. Моделирование процесса нагрева пресс-формы для производства резинотехнических изделий на индукционном вулканизационном прессе / С. В. Карпушкин, С. В. Карпов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – № 2/2. – С. 35–41.

2. Карпов, С. В. Оценка эффективности пресс-форм для изготовления резинотехнических изделий и системы их обогрева на вулканизационном прессе / С. В. Карпов, С. В. Карпушкин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2012. – № 3. – С. 10–16.

3. Малыгин, Е. Н. Методика теплового расчёта нагревательных плит прессов для изготовления резинотехнических изделий / Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин, А. С. Крушатин // Химическая промышленность сегодня. – 2009. – № 11. – С. 48–56.

4. Карпушкин, С. В. Моделирование устройств индукционного нагрева на примере индукционных нагревательных плит вулканизационных прессов / С. В. Карпушкин, С. В. Карпов, А. О. Глебов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т.17, № 1. – С. 110–120.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В КАЧЕСТВЕ СОБСТВЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В.Ф. Ахуньянов
Научный руководитель ***Н.Г. Уразбахтина****, канд. техн. наук, доцент*
Уфимский государственный авиационный технический университет
г. Уфа

В настоящее время в энергосистемы стран активно внедряются альтернативные источники энергии. Согласно [1] целевые показатели объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии должны составить 4,5 % к 2024 году. Как следствие, на территории Российской Федерации наблюдается рост строительства и интеграции солнечных электростанций и электроустановок. В рамках данного доклада произведем оценку эффективности применения солнечной электростанции (СЭС) в качестве собственной генерации потребителя, максимальная мощность энергопринимающих устройств которого составляет 355 кВт, удаленного от электрических сетей сетевой организации на расстояние 20 км.

Определим технико-экономическую эффективность питания условного потребителя от электрических сетей сетевой организации. Согласно [2] плата за технологическое присоединение посредством применения единых стандартизированных тарифных ставок определяется по формуле:

$$P=(C1.1+C1.2)+C2\cdot L2_{вл}+C3\cdot L3_{кл}+C4\cdot K+C5\cdot N,$$

где (C1.1, C1.2, C2, C3,C4, C5) – стандартизированные тарифные ставки для расчета платы за технологическое присоединение энергопринимающих устройств потребителей на территории Республики Башкортостан; L(вл,кл) – длина воздушных и кабельных линий электропередач (км), К – количество распределительных пунктов (шт.), N – объем максимальной присоединяемой мощности энергопринимающих устройств потребителей (кВт).

Для расчета коэффициента С2 примем уровень напряжения ВЛ равным 10 кВ, питание энергопринимающих устройств потребителя осуществляется по 3 категории надежности. Определив номинальный рабочий ток ВЛ, выбираем провод марки АС-35/6.2,

Тогда итоговая стоимость технологического присоединения условного потребителя с учетом НДС составит:

$$P1=(5404,55+6417,25+884893,62*20+692988,85)*1,2=22\ 083\ 219 \text{ руб.}$$

Далее необходимо просчитать стоимость поставки электрической энергии в перспективе одного года. Для определения объема потребления электроэнергии используем графики нагрузки условного потребителя (рис. 1, 2).

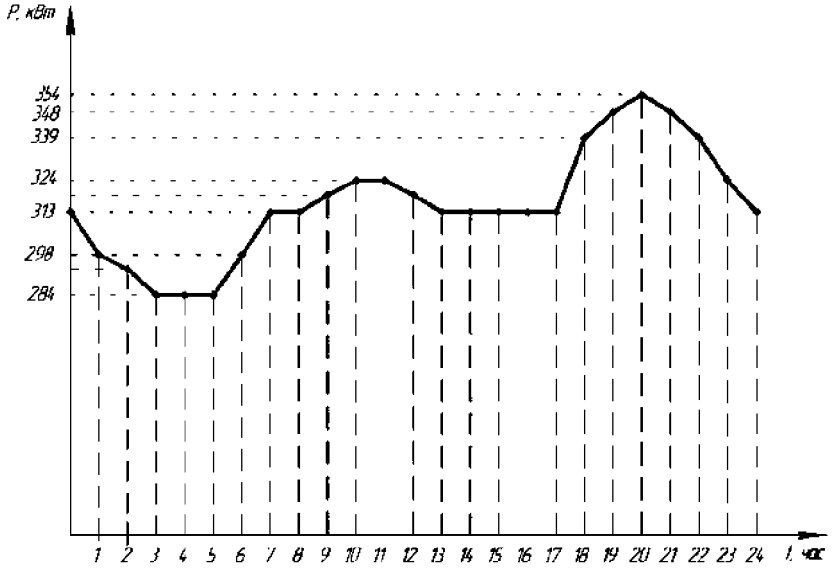


Рис. 1. Суточный график нагрузки условного потребителя в зимний период

Рис. 2. Суточный график нагрузки условного потребителя в летний период

бъем суточного потребления электроэнергии условным потребителем в зимний период составит 7598 кВт·ч, в летний период 2490 кВт·ч, в весенний период 6397 кВт·ч, в осенний период 4579 кВт·ч.

Согласно [3] стоимость 1 кВт·ч электрической энергии с учетом НДС составляет 2,22 руб. за первое полугодие, и 2,33 руб. за второе. Соответственно, затраты на покупку электрической энергии за год:

Р2=(2490·92+4579·91)·2,33+(7598*90+6397·92)·2,22=4 323 443 руб.

Далее определим технико-экономическую эффективность питания потребителя от СЭС с применением дизель-генераторов ДГ. Определим мощность солнечного парка, необходимого для покрытия нужд в электрической энергии условного потребителя в летнее время (в осенне-зимний и весенний период недостаток солнечной энергии будет покрываться за счет работы дизельных генераторов). Бурибаевская СЭС, с установленной мощностью в 20 МВт в летнее время, согласно рисунку 4, выдаст объем электроэнергии равный 128682 кВт·ч. Учитывая, что в летнее время потребление электрической энергии условным потребителем составляет 2490 кВт·ч, необходим солнечный парк мощностью 387 кВт.

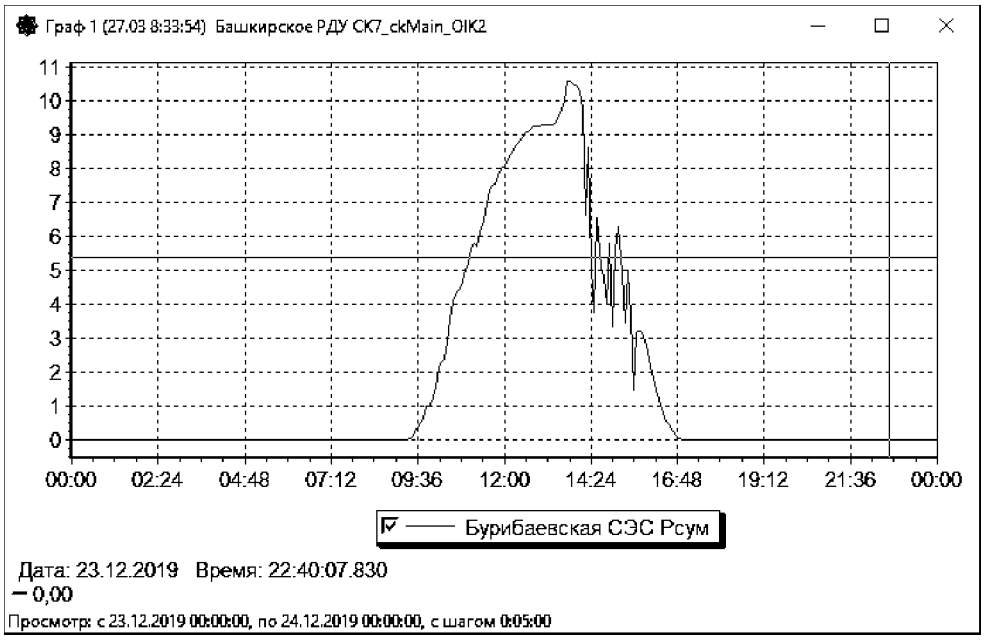


Рис. 3. График выдачи мощности Бурибаевской СЭС в зимний период

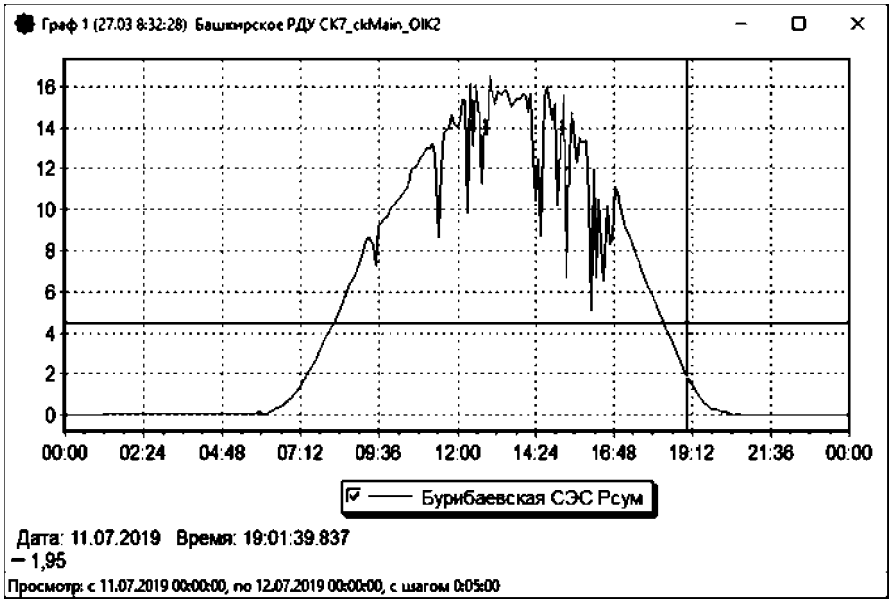


Рис. 4. График выдачи мощности Бурибаевской СЭС в летний период

Далее определим емкость аккумуляторных батарей (АКБ). Емкость массива АКБ должна быть достаточна для накопления объема электроэнергии 2490 кВт·ч за вычетом объема электроэнергии, потребляемой в те часы, когда мощность выдачи солнечной электростанции превышает потребляемую мощность. Тогда емкость массива АКБ рассчитаем по формуле:

$$C = \frac{k_1 * k_2 * (P_н - P_{9-18})}{U_{ном}} = \frac{1{,}4 * 3{,}56 * (2490 - 983) * 10^3}{230} = 32656\ А \cdot ч,$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий глубину разряда гелевых аккумуляторов; k_2 – коэффициент, учитывающий максимальную величину зарядного тока; Рн – номинальная потребляемая мощность; $P_{9\text{-}18}$ – мощность, потребляемая условным потребителем, при котором происходит заряд АКБ.

Далее просчитаем соответствующие затраты. Ориентировочная стоимость солнечных панелей составит 17 802 000 руб. Стоимость массива АКБ составит 920 000 руб. Для преобразования постоянного тока и напряжения в переменное необходима установка 31 инвертора общей стоимостью 4 554 000 руб. Также потребуются контроллеры заряда на сумму 2 371 800 руб. Таким образом, общие затраты на основное оборудование составят:

Р2=17 802 000+920 000+4 554 000+2 371 800 =25 647 800 руб.

Применим коэффициент, учитывающий комплектующие для оборудования, равный 1,15 и учтем сопутствующие расходы, такие как: строительно-монтажные работы (СМР) 5 898 994 руб; пуско-наладочные работы (ПНР) 1 769 698 руб; проектно-изыскательные работы (ПИР) 353 939 руб.

Далее определим номинальную мощность дизель-генераторов. Для покрытия нужд в электроэнергии в зимнее время необходимо 3 дизель-генератора мощностью 180 кВт (1 дизель-генератор будет находится в резерве). Покупка 3-х ДГ обойдется 5 352 000 руб. Рассчитаем стоимость топлива, затраченного на электроснабжение условного потребителя в осенний, зимний и летний периоды. Согласно рисунку 1 объем суточного потребления электроэнергии в зимний день составляет 7598 кВт·ч, а выдача электроэнергии СЭС составит 848 кВт·ч, тогда необходимый для выработки объем электроэнергии составит 6750 кВт·ч. Аналогично рассчитаем необходимый объем топлива в осенний и весенний периоды.

Суммарный расход топлива за год составит 154 834 л. Ориентировочная стоимость дизельного топлива (ДТ) на рынке составляет около 33 руб/литр. Тогда за год затраты на топливо составят 5 109 522 руб.

И, наконец, рассчитаем технико-экономические показатели при питании условного потребителя от ДГ. Как уже было сказано ранее, для электроснабжения условного потребителя необходимо 3 ДГ номинальной мощностью 180 кВт каждый. Затраты на покупку ДГ составят 5 352 000 руб. Годовое потребление электроэнергии условным потребителем составляет: 2490·92+4579·91+7598·90+6397·92 = 1 918 113 кВт·ч.

Для выработки такого объема электроэнергии ДГ затратят 234 436 л дизельного топлива при расходе 44 л/ч. При покупке ДТ за 33 руб/л годовые расходы на топливо составят 7 736 388 руб.

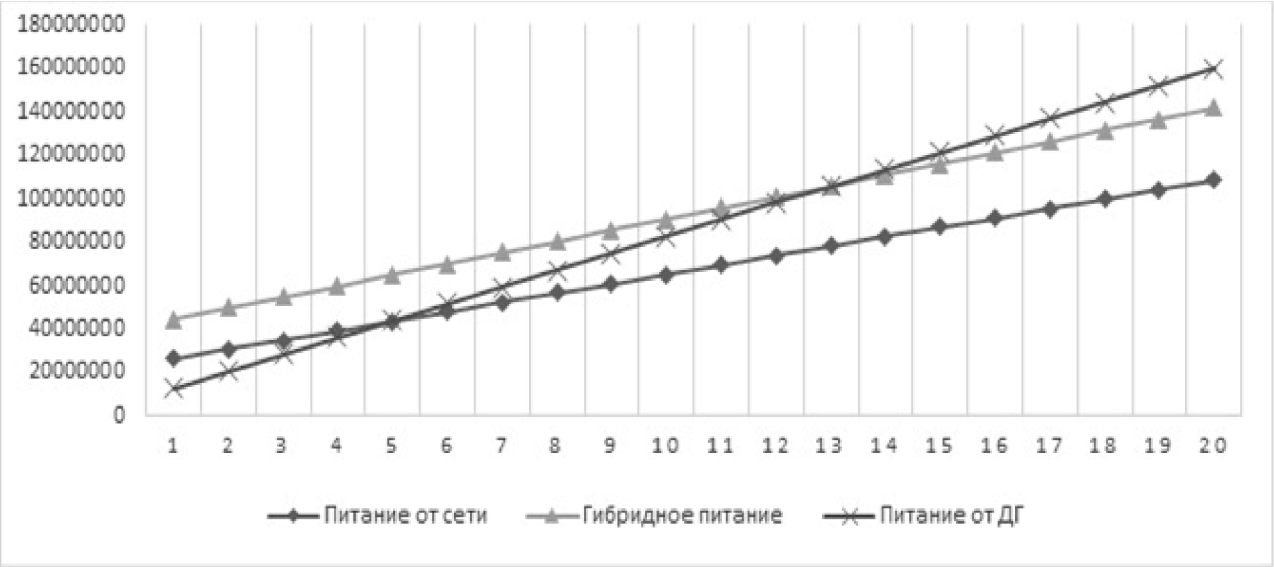


Рис. 5. График распределения затрат для каждого из вариантов электроснабжения

Наиболее рациональным способом питания удаленных потребителей в долгосрочной перспективе является вариант питания от электрической сети. Однако вариант питания от солнечной электроустановки с использованием накопителей электрической энергии и дизель-генераторов является более предпочтительным, поскольку имеет большую надежность электроснабжения. При увеличении надежности 1 варианта путем строительства 2-ой ЛЭП и КТП, технико-экономические показатели 1-го и 2-го варианта становятся равноценными. Вариант питания потребителя только от ДГ имеет наименьшие капитальные затраты, однако в долгосрочной перспективе экономически не эффективен.

1. Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2009 № 1-р. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : справаочно-правовая система / Компания "КонсультантПлюс" (дата обращения: 21.12.2020).

2. Постановление Государственного комитета Республики Башкортостан по тарифам от 25.11.2019 № 432. – URL: https://npa.bashkortostan.ru/26096/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

3. Бубенчиков, А. А. Выбор аккумуляторных батарей для систем автономного питания / А. А. Бубенчиков, Р. А. Дайчман, Е. Ю. Артамонова // Научный аспект. – 2015. – № 4. – С. 208–215.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ УЧРЕЖДЕНИЙ В СФЕРЕ СОЦИАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

М.В. Веселов
Научный руководитель ***С.Б. Федотовский****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В данной статье рассматривается использование интеллектуального освещения для учреждений, занятых в сфере социальных услуг для людей с ограниченными возможностями. В качестве источников света были выбраны современные энергосберегающие светодиодные светильники. Описаны способы и мероприятия по интеллектуализации освещения.

Современный мир невозможно представить без освещения. Искусственный свет стал одним из самых важных элементов в жизни человека. Каждый день мы сталкиваемся с бесчисленным множеством искусственных источников света, где бы мы ни были и чем бы мы не занимались, – на работе, учёбе, отдыхе.

Если система освещения сделана неправильно, то это может приводить к прерыванию каких-либо производимых работ или даже к их полной остановке. К тому же плохо подобранный свет приводит не только к сбою производимых работ, он так же влияет и на человека. При неправильно подобранных источниках света у людей повышается утомляемость и снижается работоспособность, увеличивается шанс получения травм или даже возникает риск создания угрозы для жизни людей. Однако хороший свет, наоборот, повышает жизненный тонус, укрепляет здоровье и улучшает настроение.

Проблему правильного освещения помогает решить биологически активное освещение, которое также называют антропоцентрическим. Такие системы освещения обеспечивают близкий к естественному свет с его динамичными процессами и позитивным воздействием в закрытых помещениях. Днем яркий и холодный белый свет воссоздает естественные условия, придает жизненных сил и улучшает самочувствие, помогая человеку лучше концентрироваться и допускать меньше ошибок. Более тусклый теплый белый свет, какой мы обычно видим на закате, способствует расслаблению и успокоению. Кроме того, биологически активный свет стабилизирует биоритмы человека, тем самым гарантируя здоровый и расслабляющий ночной сон [1].

Проблема правильного освещения особенно остро затрагивает людей с устойчивыми физическими, психическими, интеллектуальными или сенсорными нарушениями. Люди, имеющие такие проблемы, могут по-разному относиться к свету. Например, некоторые люди могут бояться темноты, поэтому им может быть необходим свет везде, где они могут находиться. Других может испугать или вызвать приступ паники резкое включение или выключение

света. А те, у кого проблемы с памятью, могут просто забыть, где находится кнопка включения света или же, наоборот, забыть выключить свет.

Исходя из вышесказанного, систему освещения в учреждениях, занимающихся уходом за данными категориями людей необходимо усовершенствовать. Рациональная система освещения поможет сократить количество несчастных случаев, улучшить качество жизни людей, а также сэкономить электроэнергию. Такая система должна самостоятельно подстраиваться под биоритмы человека. Днем искусственный свет должен соответствовать естественному свету с температурой от 5500 К до 10000 К, а вечером, ближе к ночи, цвет должен иметь температуру до 3300 К, так как данный свет является «теплым», оказывает успокаивающее действие на человека и способен изменять его внутренние биологические часы.

Целью данной работы является анализ современных технологий, применяемых в системах освещения и выбор необходимых мер по модернизации данных систем в учреждениях, работающих в социальной сфере, а именно занимающихся уходом за людьми с ограниченными возможностями.

Для построения интеллектуальной системы освещения в первую очередь необходимо выбрать источники света. Из всех видов искусственных источников света на данный момент самыми предпочтительными являются светодиодные источники света. Из рисунка ниже, на котором приведены различные показатели распространенных источников света, можно сделать вывод, что светодиоды обходят своих конкурентов по многим показателям.

Тип лампы	Срок службы (тыс. час)	Световая отдача (лм/Вт)	Диапазон цветовых температур (К)	Требования к специальной утилизации	Энергопотребление (Вт)
Обычные лампы накаливания	1	8-13	2400-2700	есть	60
Галогенная лампа накаливания	2-2,5	12-18	3000-5200	есть	45
Люминисцентная лампа	8-10	50-70	3700-5700	есть	16
Светодиодная лампа	30-50	110-140	2700-7000	нет	8

Рис. Сравнительные характеристики источников света

Светодиодные лампы имеют большой срок службы и потребляют намного меньше электроэнергии. Тем самым это позволит учреждению существенно сократить расходы на оплату электроэнергии. Ещё одним существенным плюсом данного вида ламп является их диапазон цветовых температур. Для каждого времени суток можно подобрать соответствующую температуру. Современные светодиодные лампы способны изменять свою цветовую температуру, чем можно обеспечить максимальный комфорт для жизни человека. Также необходимо подчеркнуть, что светодиоды не требуют специальной утилизации, то есть являются экологически безопасными. Плюсом ко всему темпера-

тура окружающей среды не влияет на работу светодиодов, они могут работать в диапазоне от -60 °С до +60 °С, то есть их можно использовать не только для внутреннего освещения зданий, но и для наружного освещения.

Для тог, чтобы сделать освещение более интеллектуальным и комфортным для человека, необходимо решить следующие задачи:

– обеспечить автоматическое включение и выключение света;

– помещение должно быть освещено на 10 % от максимальной яркости при отсутствии в нем людей;

– обеспечить плавное включение и выключение света;

– сами источники света должны иметь возможность менять свою цветовую температуру.

Для решения этих задач можно использовать множество методов и устройств, однако проведя тщательный анализ, можно с уверенностью сказать, что некоторые технологии максимально эффективно подходят для решения данных задач.

Для обеспечения автоматического включения и выключения света нам помогут так называемые датчики присутствия – их можно спутать с датчиками движения, однако они являются более сложными устройствами, способными реагировать на мельчайшие движения человека в своей области действия. С ними можно быть уверенным, что находясь в помещении, свет самостоятельно не выключится, испугав вас.

Чтобы обеспечить помещение слабым светом при отсутствии в нем человека необходимо использовать диммеры. Это устройства, способные регулировать электрическую мощность, они используются для регулировки яркости света и решают проблему плавного включения и отключения света.

И в конце нам необходимо, чтобы источники света меняли свою цветовую температуру в зависимости от времени суток. Разберем решение данной задачи.

Современный рынок светодиодных ламп предлагает нам огромное множество ламп, которые способны менять свою цветовую температуру. Так как автоматическое управление нашим освещением происходит децентрализованно, то существует несколько вариантов реализации данной идеи. Первым вариантом является использование умных программируемых диммеров в совокупности с диммируемыми светодиодными лампами. Вторым вариантом является использование программируемых светодиодных диммируемых ламп. Их настройка довольно проста и реализуется с помощью мобильного приложения, однако требует сети Wi-Fi. Третий вариант – это самостоятельное программирование контроллера, отвечающего за температуру свечения лампы в зависимости от времени суток. Лампа также должна быть диммируемой.

Итак, положительными сторонами внедрения интеллектуальной системы освещения являются следующие показатели: хороший, качественный свет поможет людям, находящимся в данных учреждениях улучшить самочувствие,

обеспечить максимальный комфорт, и, возможно, восстановить их здоровье; также автоматизация освещения положительно скажется на безопасности людей – сократится количество несчастных случаев, – дополнительным плюсом является то, что электропотребление социальных учреждений заметно уменьшится. Отрицательной стороной являются следующие проблемы: начальные инвестиции в данный проект могут составить значительную сумму; крупной проблемой является несовместимость подключения многих устройств между собой, из-за чего вся система может не заработать, однако это решается грамотным и профессиональным подходом к проектированию системы освещения.

Постоянное развитие социальной сферы – это важная часть политики нашего государства. Данный предлагаемый проект имеет большей частью социальную направленность. Учреждения, которые будут реализовывать его, внесут важнейший вклад в здоровье, безопасность и комфортность людей.

1. ООО «ИЗИЛЮКС РУ» : официальный сайт. – Москва. – URL: https://www.esylux.ru/innovacii/human-centric-lighting (дата обращения: 12.10.2020). – Текст : электронный.

2. Азбука света : [сайт]. – Москва. – URL: https://abclight.ru/smart (дата обращения 15.10.2020). – Текст : электронный.

3. StoreBe.ru : [сайт]. – Москва. – URL: https://storebe.ru/blog/umnyy-dom/umnoe-osveshchenie-doma-sistemy-upravlenie-i-tekhnologii (дата обращения 18.10.2020). – Текст : электронный.

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ДОМОВОЙ ЦЕРКВИ ПРИ ВОЛОГОДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Ю.С. Голубева, А.А. Пастухова
Научные руководители: ***Ю.В. Хрусталёв****, канд. техн. наук, доцент,*
А.Н. Алюнов*, канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Второй корпус Вологодского государственного университета размещен в здании, которое является памятником архитектурного наследия и где до революции располагалось здание мужской губернской гимназии. В 1837 году при гимназии была освящена Домовая Церковь Сошествия Святого Духа. Исконная традиция российского образования – православие в учебном заведении – успешно реализовывалась и в Вологодской гимназии. Значительное количество прихожан, учащихся, преподавателей, популярность и регулярность служб свидетельствуют о востребовании богослужения непосредственно в стенах учебного заведения. В годы первой мировой войны в лазарете при церкви

принимали раненых военных. Но после закрытия гимназии в 1918 году, домовая церковь также прекратила свою работу [1].

В настоящее время в Российской Федерации возрождается традиция православных домовых храмов, открываемых, в том числе, при государственных высших учебных заведениях. Духовно-моральное совершенствование общества, вопросы воспитания молодежи, приобщение к высоким общечеловеческим ценностям и нравственному мировоззрению приводит к необходимости восстановления связи церкви с системой образования, единства православной идеологии и науки.

В рамках сохранения культурно-исторического наследия в Вологодском государственном университете принято решение о создании комплексного студенческого проекта возрождения домового храма при ВоГУ. Проект предусматривает сбор материалов по истории гимназии, и домовой церкви в частности, строительные, архитектурно-реставрационные аспекты и отдельным разделом вопросы энергообеспечения и электроснабжения помещения.

Сегодня в помещении бывшей церкви находятся учебные аудитории 315 и 316 корпуса № 2 по адресу Галкинская, 1 [2]. Целью раздела проекта является рассмотрение вопросов энергообеспечения домовой церкви при Вологодском государственном университете. Для достижения данной цели решаются следующие задачи: разработка системы освещения, выбор электрического оборудования и коммутационной аппаратуры, выполнение расчета заземляющего устройства, молниезащиты.

Аудитории, на базе которых выполняется проект, располагаются на третьем этаже здания и находятся прямо над вводным распределительным устройством. Потребители электрической энергии в проектируемой энергосистеме относятся ко второй категории надежности электроснабжения. Питание потребителей осуществляется от ТП 289 10/0,4 кВ. Аудитория 315 питается от щита освещения ЩО-3, который, в свою очередь, напрямую запитан от ВРУ 1. Большая часть нагрузки является осветительной, применение силового оборудования в данном помещении ограничено.

Электрическое освещение в процентном соотношении занимает одну из лидирующих позиций в общем балансе потребляемой энергии. Отсюда следует, что для рационального использования топливо-энергетических ресурсов следует приумножать долю естественного освещения в зданиях и сооружениях, а также внедрять новые разработки в сфере осветительных установок. Основным источником питания для осветительных приборов является сеть с напряжением 220 В. Правильное оборудование сооружений осветительными установками позволяет рационально расходовать энергетический ресурс. Одним из способов определения осветительной нагрузки является метод удельных мощностей. Основными факторами, влияющими на удельную мощность, являются высота помещении, коэффициенты отражения потолков и стен, используемые виды ламп и осветительных установок. На основании этих факто-

ров предварительно рассчитана итоговая осветительная нагрузка порядка двух-трех кВт.

Главной функцией светильников и ламп является обеспечение достаточной освещенности и поддержания необходимого распределения потока и яркости света в поле зрения, что способствует обеспечению комфортного нахождения людей в помещении. Для данного помещения предполагается использовать светодиодные светильники для основного освещения в количестве, определенном расчетом, каждый мощностью 65 Вт. Предлагается демонтаж существующих светильников, размещенных на подвесах, несоответствующих эргономическим и эстетическим требованиям. Новое расположение светильников – над карнизом по периметру аудитории на высоте четырех метров.

Вторым предложением является применение дополнительного освещения при проведении соответствующих церемоний. На потолке размещаются две «стильные» люстры, а в простенках между окнами – шесть канделябров с лампами, имитирующими свечи.

Отдельно рассматривается решение вопроса освещения алтарной части, где предусматривается специфическая коммутация включения светильников. Для этого проектом предусматривается установка дополнительного распределительного устройства на 5 автоматических выключателей. Распределительное устройство будет располагаться в нише на стене в аудитории 315 и запитываться от отдельного трансформатора из 314 аудитории (расстояние минимально). Две линии, для подключения канделябров и светильников в алтарной части, в кабельных каналах на высоте 0,9 м под подоконниками окон. Отдельная линия для подключения потолочных люстр, еще одна для вентилятора. Традиционное использование при богослужении свечей предполагает предусмотреть и вытяжную вентиляцию и сигнализацию противопожарной безопасности.

В данном помещении не предусмотрено аварийное и эвакуационное освещение – данные виды осветительных приборов и аварийных табличек располагаются в коридорах.

Основными задачами процесса проектирование электропроводок является рациональный выбор типа монтируемого провода или кабеля и его сечения, а также способы их прокладки. При реализации проектов электроснабжения жилых и общественных зданий используют изолированные провода и кабели с медными жилами напряжением до 1000 В. Выбор сечения токопроводящей жилы проводов и кабелей осуществляется на основе установленных правил ПУЭ [3]. Производится проверка по условию нагрева длительным расчетным током в нормальном и послеаварийном режимах и определяются потери напряжения. Для определения сечения согласно условиям допустимого нагрева используются справочные таблицы длительно допустимых токов нагрузки.

Например, для питающей линии выбрали кабель марки ВВГнг 3х1,5, потери напряжения которого составили 3,31%. Это соответствует условию, что

потеря напряжения на участке цепи не должна превышать 10 % [3]. Величина потери напряжения напрямую зависит от параметров сети. Также основными факторами являются активная и реактивная составляющая тока или мощности нагрузки.

В системе электроснабжения любой электроустановки обязана присутствовать релейная защита в качестве устройств автоматического отключения. Даная мера необходима для оперативного отключения оборудования в случае возникновения токов утечки или сверхтоков. Под сверхтоком подразумевают ток, который превышает номинальные значения для данной цепи. Чаще всего сверхтоки протекают из-за перегрузок или коротких замыканий. Выбор устройств защиты основывается на параметрах электрической установки, расчетных токов короткого замыкания, характера потребителя, то есть нагрузки, условий прокладки кабельных линий и параметров проводника.

В процессе проектирования релейной защиты производится выбор марки, номинала и типа плавких предохранителей и автоматических выключателей в качестве защитной аппаратуры. В схеме использованы автоматические выключатели. Данный факт связан прежде всего с отсутствием у автоматических выключателей главного недостатка предохранителя – после срабатывания их достаточно просто включить снова, в то время как предохранитель необходимо заменить. Предохранители проектом предусмотрены, не смотря на недостатки, поскольку данный вид защиты сети является наиболее дешевым.

В вводном распределительном устройстве располагается рубильник марки ПЦ-2 250А с предохранителями ПН2-250 в виде плавких вставок. Щит освещения ЩО-3 с автоматическими выключателями на 16 А, дополнительное распределительное устройство – тип и автоматы определятся расчетом.

Принцип проектирования заземления заключается в том, что все металлические конструкции защищаемого объекта должны заземляться через малое сопротивление. Значение данного сопротивления обязано быть во много раз меньше, чем сопротивление тела человека. Только при таком условии при соприкосновении с металлическим корпусом электрооборудования, который находится под напряжением, основная часть тока будет проходить через землю, а ток, проходящий через тело человека, будет минимально допустимым и не опасным для жизни. Защитное заземление представляет собой целенаправленное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, по которым в случае повреждения могут приобретать потенциал, отличный от ноля [3].

Под замыканием на корпус, то есть электрическое замыкание на корпус, понимают случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки. Замыкание на корпус может быть результатом случайного касания токоведущей части корпуса машин, повреждения изоляции, падения провода, находящегося под напряжением, на нетоковедущие металлические части и детали. Расчёт заземляющего

устройства сводится к расчёту заземлителя, так как заземляющие проводники в большинстве случаев принимают по условиям механической прочности и стойкости к коррозии. В нашем помещении необходимо установить приточный вентилятор для системы проветривания. Поэтому проектом предусматривается присоединение оборудования к существующему контуру заземления, сопротивление которого было измерено и равно 1 Ом. Нормируемое сопротивление в соответствии с ПУЭ составляет 4 Ом [3].

Домовые храмы являются неотъемлемой составляющей культурного исторического наследия страны. Не исключением была и церковь Сошествия Святого Духа при Вологодской губернской мужской гимназии [2].

Конечно, университет прежде всего должен готовить специалистов технических, гуманитарных направлений, профессионалов в лучшем понимании этого слова, но без духовно-нравственного становления и содержания личности образование будет односторонним и не будет способствовать решению проблем, обусловленных сегодняшними реалиями. В связи с этим возрождение домовых церквей на территории светских вузов сыграет для многих важнейшую роль в нравственном выборе жизненного пути. Поэтому участие в проекте возрождения домой церкви в нашем вузе для нас является не только почетным, но и очень ответственным событием.

1. Васильева, М. В. Домовые церкви // История православных храмов и монастырей Вологды / М. В. Васильева, Е. А. Виноградова, А. В. Камкин [и др.]. – Вологда, 2014. – С. 187–188.

2. Беляева, Т. А. Вологодский государственный технический университет: исторический очерк / составитель Т. А. Беляева. – Вологда, 2006. – С. 14–17.

3. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок : издание официальное : утвержден Приказом Министерством энергетики РФ 08.07.2002 №204 : введен 01.01.2003. – Москва : Норматика, 2019. – 464 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

И.К. Калашников
Научный руководитель ***П.П. Проценко****, доцент*
Амурский государственный университет
г. Благовещенск

Важность развития технологий накопления и хранения энергии в последнее время связана с рядом значимых факторов, таких как: распространение и развитие генерации электрической энергии на базе нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ), неравномерность потребления элек-

троэнергии в пиковые часы и в ночное время, а также несбалансированное размещение электростанций. Данные технологии позволят исключить необходимость строительства и содержания новых резервов мощности.

Технологии аккумулирования и хранения энергии необходимы и для повышения надежности электроснабжения потребителей. Для нетрадиционных возобновляемых источников энергии это связано с тем, что их график генерации непостоянен и зависит от определенных условий (ветреная и солнечная погода, приливы и т.д.), таким образом, если накапливать вырабатываемую этими источниками энергию, то это повысит равномерность выдаваемой мощности в те часы, когда это нужно потребителю. Также ни одно электрооборудование не может все время работать бесперебойно, и в случае аварийной ситуации накопители энергии могут обеспечить бесперебойность электроснабжения потребителей, в частности внимание будет акцентироваться на потребителей первой и второй категории.

Использование накопителей энергии разной номинальной мощности будет способствовать развитию распределенной энергетики, что в свою очередь является наиболее экономически выгодной концепцией.

По сравнению с другими производящими отраслями, в электроэнергетике должно производиться столько товара, т.е. электроэнергии, сколько в данный момент требуется потребителю. Это связано с невозможностью хранения излишков энергии в промышленных масштабах. Поэтому при проектировке электростанций их расчетная мощность выше той, что будет идти на транзит потребителю, – это необходимо для создания резерва мощности. Из-за дисбаланса между потребляемой и производимой электроэнергией следует ухудшение качества электроэнергии, возможно изменение частоты в энергосистеме или изменение уровня напряжения [1].

В связи с вышеперечисленными факторами необходимо объединять генерирующие мощности в объединенные энергосистемы, чтобы обеспечивать достаточный уровень маневренности и надежности энергоснабжения. В связи с этим приходится устанавливать много оборудования, связующего отдельные электростанции. Это вызывает дополнительные экономические затраты и увеличивает риск выхода из строя отдельных узлов. Все эти проблемы поможет решить развитие технологий аккумулирования и хранения энергии в промышленных масштабах.

Положительные эффекты систем аккумулирования энергии для современных энергосистем:

– аккумулирующие устройства можно будет подключать к любой точке энергосистемы;

– позволят обеспечить более спокойное прохождение дневного максимума и ночного минимума нагрузок;

– резерв на случай аварийной ситуации;

– удешевление электроэнергии;

– позволят перейти на более чистую энергетику, что благоприятно повлияет на экологию и снизит затраты на добычу ископаемого топлива, график изменения доли НВИЭ представлен на рисунке 1.

– будут способствовать развитию распределенных энергосистем.

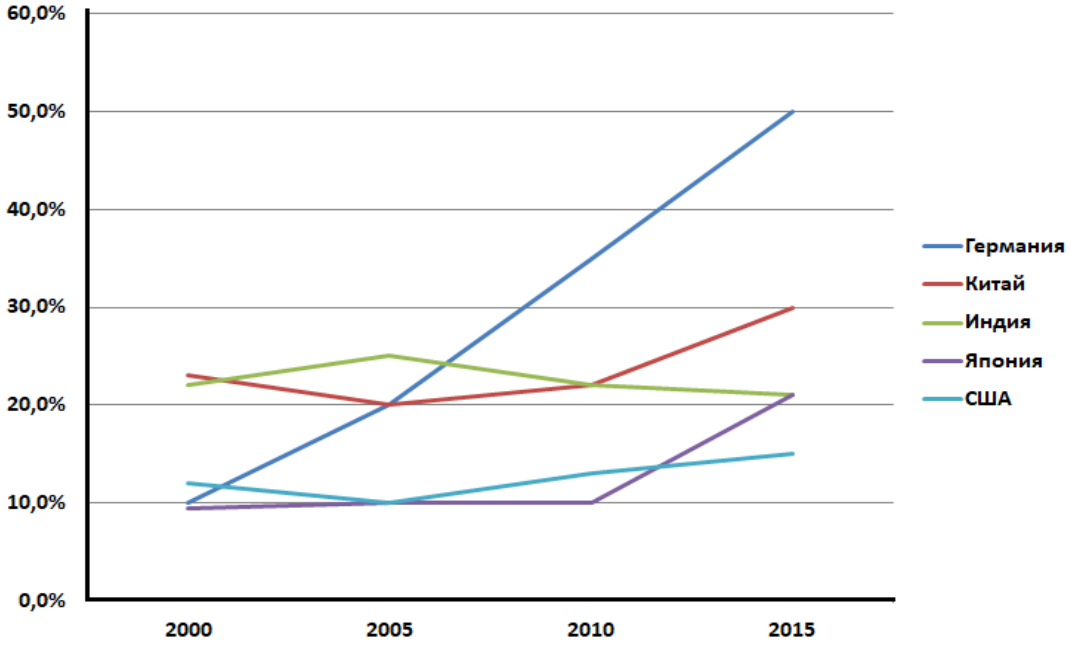


Рис. 1. Изменение доли НВИЭ

Также можно подчеркнуть, что все существующие на данный момент системы хранения энергии дороги для крупных промышленных объемов, поэтому различные производители и государства делают масштабные инвестиции в создание новых способов хранения больших объемов энергии. Диаграмма изменения стоимости мирового рынка систем накопления энергии представлена на рисунке 2.

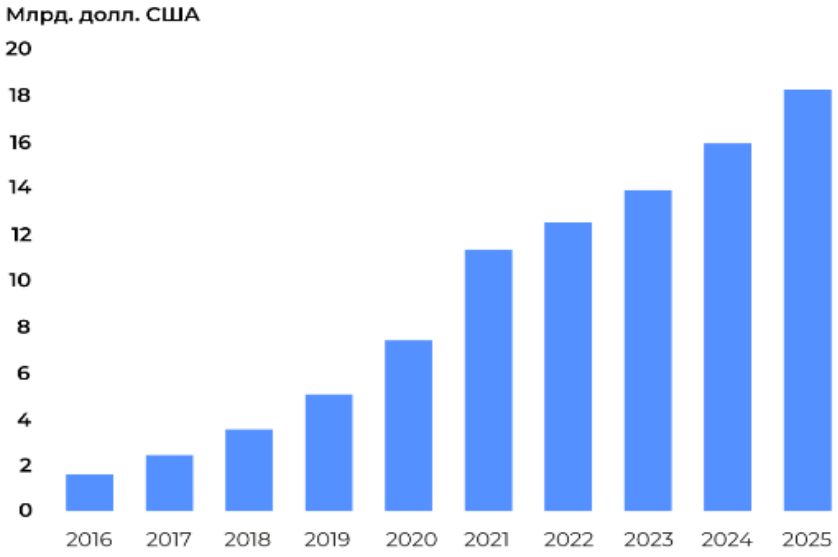


Рис. 2. Мировой рынок систем накопления энергии

В таблице представлена классификация существующих на данный момент промышленных систем аккумулирования и хранения энергии, которые представляют наиболее существенную значимость для крупного промышленного производства.

Таблица

Классификация технологий накопления энергии

Накопители механической энергии	Химические накопители энергии	Электрические накопители
Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС)	Аккумуляторные батареи (Ni-Cd, Li-ion и т.д.)	Ионисторы
Твердотельная аккумулирующая станция (ТАЭС)	Проточная батарея	Сверхпроводниковые индуктивные накопители (СПИН)

1. Эриксон, К. Хранение энергии: что, как и почему / К. Эриксон, О. Ньо // Экология и право. – 2019. – № 74. – С. 22–24.

2. Патент 2699855 Российская Федерация, МПК F03G 3/00, F03G 7/08. Промышленная система накопления энергии / С. В. Солобоев, А. А. Брызгалов ; ООО «Энергозапас». – № **2018123773** ; Заявл. 29.06.2018 ; Опубл. 11.09.2019, Бюл. №26.

3. Savard, С. Развитие технологий накопления электрической энергии / С. Savard, Э. В. Яковлева // Молодой ученый. – 2017. – № 50. – С. 76–81.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Р.И. Кашафутдинова

Научный руководитель ***Е.И. Грачева,*** *д-р техн. наук, профессор*

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань

Надежное соединение двух проводников, позволяющее проводить ток, представляет понятие «электрический контакт». Процессы, происходящие на поверхностях контактирования при коммутации электрической цепи, всегда интересовали исследователей.

Наука об электрическом контакте основывается на изучении механических, химических, тепловых и электрических процессов, протекающих на соприкасающихся поверхностях. Механические свойства контактных материалов обусловливают в первую очередь структуру поверхностей и ее влияние на площадь контактирования. Химические свойства выражены тем, что на поверхности контактов могут образовываться окисные, сульфидные или другие

защитные пленки. Тепловые и электрофизические процессы на контактах вызваны прохождением тока от одного вида проводника к другому и могут проявляться в виде эффектов Ленца-Джоуля, Томсона, Пельтье, Колера и др. [1].

Доля сопротивлений низковольтных электрических аппаратов в общем сопротивлении цеховой сети достаточно высока из-за большой протяженности и разветвленности цеховых сетей низкого напряжения с множеством последовательных узлов с контактными соединениями. Поэтому следует учитывать сопротивление контактных соединений коммутационных аппаратов при определении потерь электроэнергии в цеховых сетях напряжением до 1000 В [2].

В справочной литературе практически отсутствует информация о сопротивлении контактных систем коммутационных аппаратов. Поэтому возникает необходимость в определении эксплуатационных характеристик аппаратов.

Оценка величины сопротивления контактов и контактных соединений и потерь электроэнергии низковольтных аппаратов производится по следующему алгоритму:

1. Определение радиуса контактной площадки. Одной из важнейших характеристик замкнутых электрических контактов является величина токопроводящей площадки между ними.

Электрическая проводимость между двумя контактными элементами образуется в результате действия механического усилия $P_к$, называемого контактным, которое прижимает эти элементы друг к другу. Металлический контакт осуществляется не по всей поверхности, а лишь в немногих точках. Имеющаяся на поверхности металла пленка, образованная теми или иными химическими соединениями и обладающая высоким электрическим сопротивлением, в одних случаях может быть продавлена под действием механических усилий, в других случаях может быть пробита под влиянием разности электрических потенциалов. В месте пробоя может образоваться металлический перешеек, проводящий электрический ток.

Основная особенность контактной поверхности – ее шероховатость. Лишь в немногих точках соприкасаются выступы контактирующих участков. Увеличение силы контактного нажатия приводит к росту количества таких мест. Под действием электрической искры и дуги интенсивно проходят химические реакции, в результате которых на поверхности контактов образуются различные химические соединения, обладающие высоким электрическим сопротивлением. Кроме этого, может наблюдаться коррозия контактов, которая во влажной среде носит электролитический характер. Радикальные средства борьбы с пленками на поверхности контактов – это механическое притирание контактов в процессе их включения или сравнительно высокое давление одного контакта на другой, способное продавить пленку (для золота P>0,01 Н, для серебра P>0,1 Н, для вольфрама P>0,7 Н).

В случае пластической или упруго-пластической деформации, наблюдаемой в реальных контактах, радиус контактной площадки f определяется с по-

мощью понятия контактной твердости H_B введенной Р. Хольмом. Она численно равна среднему давлению в контактных выступах, которое примерно втрое превышает давление, соответствующее началу пластической деформации.

В этом случае:

$$f = \sqrt{\frac{P_K}{\pi \xi H_B}}, \quad (1)$$

где ξ – коэффициент сжимаемости, учитывающий степень обработки контактной поверхности, от которой зависят ее упруго-пластические свойства; P_K – контактное усилие электрического аппарата, кг; H_B – контактная твердость материала контакта, кг/м^2.

При хорошей полировке контактов, когда деформация имеет почти упругий характер, значение ξ может быть уменьшено до 0,02. Так как аналитически вывести коэффициент ξ весьма сложно, воспользуемся его средним значением для аппаратов на десятки и сотни ампер: ξ =1 [3].

Для реального плоскостного контакта количество контактных площадок n=3. Тогда радиус результирующей контактной площадки будет определяться как:

$$f = \sqrt{\frac{P_K}{n\pi \xi H_B}}. \quad (2)$$

Приведем пример расчета радиуса контактной площадки.

Для автоматов серии AE2040 на номинальный ток 63 А, где в качестве материала контакта используется композиция серебро Ag (95 %) – графит С (5 %), для которой H_B = 35 кг/мм^2, P_K = 0,5 кг, по выражению (2) получаем f = 0,067 мм.

2. Расчет сопротивления контактов. Расчет произведем на основе известного из теоретических основ электротехники положения о том, что связь между сопротивлением стягивания контакта *Rc* и емкостью *C* проводниковых элементов одинаковой конфигурации, образующих контакт, определяется соотношением

$$R_C = \rho / 4\pi C, \quad (3)$$

где ρ – удельное сопротивление проводника.

При длинной области стягивания $C=f/\pi$.

Тогда полное сопротивление стягивания двух контактирующих электродов

$$R_C = \rho / 4f. \quad (4)$$

Также приведем результаты расчета сопротивлений контактов по выражению (4) для автомата серии AE2040 на номинальный ток 63 А, для которого f=0,067 мм, ρ=0,033 мОм·мм, Rc=0,25 мОм.

3. Оценим зависимость величины потерь мощности автоматических выключателей от пропускаемой мощности через аппарат. Мощность, передаваемая одним полюсом автомата, определяется по выражению

$$P = UI\cos\varphi \quad (5)$$

Здесь U – напряжение сети, кВ; I – ток, проходящий через автомат, А; при неизвестном cosϕ нагрузки будем использовать значение его, равное 0,8.

Потери мощности в одном полюсе автомата определяются как

$$\Delta P = I_{ав}^2 k_з^2 R_{ав}, \quad (6)$$

где Iав – ток, проходящий через автомат; kз^2 – квадрат коэффициента загрузки автомата; Rав – сопротивление силовой цепи автомата.

Зная потери мощности в одном полюсе автомата, можно определить потери во всем аппарате.

Низковольтная коммутационная аппаратура является неотъемлемой частью цеховых сетей. Протекание тока через коммутационные аппараты вызывает потери в их активном сопротивлении. Доля этих потерь невелика по сравнению с пропускаемой мощностью – 0,12–0,15 %. Но пока электроэнергия доходит до электроприемника, она проходит несколько узлов коммутаций, и доля потерь от передаваемой мощности возрастает до 1–1,5 %, что является существенным при оценке потерь электроэнергии в цеховых сетях. Поэтому при оценке потерь электроэнергии в цеховых сетях следует учитывать потери в цеховых сетях в коммутационной аппаратуре.

1. Аполлонский, С. М. Надежность и эффективность электрических аппаратов : учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 448 с.

2. Хольм, Р. Электрические контакты : перевод с английского / Р. Хольм ; под редакцией Д. Э. Брускина. – Москва : Энергия, 1978. – 456 с.

3. Шевченко, В. В. Определение сопротивлений контактных соединений низковольтных коммутационных аппаратов / В. В. Шевченко, Е. И. Грачева // Промышленная энергетика. – 2002. – № 1. – С. 42–43.

СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

В.С. Молчанов
Научный руководитель ***Н.Д. Поздеев****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Внедрение цифровых технологий в электроэнергетике требует создания автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) не только крупных подстанций, но трансформаторных подстанций 6(10)/0,4 кВ городских электрических сетей [1].

Автоматизированной системой управления технологическим процессом называют программно-аппаратный комплекс, предназначенный для управления и контроля параметров электроэнергетического объекта, а также для осуществления диспетчерского мониторинга. Основное преимущество использования АСУ ТП это повышение надежности электроснабжения, а также сведение влияния человеческого фактора до минимума с помощью средств автоматизации.

Выделяют режим функционирования АСУ ТП с локальным пунктом управления и с удаленным. Удаленный пункт применяют для необслуживаемых подстанций.

Структурная схема АСУ ТП представлена на рисунке 1.

Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП

Обычно в структуре АСУ ТП выделяют три уровня, реже она подразделяется на четыре уровня:

– Уровень технологического процесса или полевой уровень.

– Уровень контроля и управления технологическим процессом или контроллерный уровень.

– Уровень магистральной сети или сетевой уровень.

– Уровень человеко-машинного интерфейса.

Обычно контроллерный уровень и сетевой уровень объединяют в один общий, так называемый средний уровень. К верхнему уровню относят человеко-машинный интерфейс, а к нижнему полевой уровень [2].

На нижнем или полевом уровне расположены контрольно-измерительные приборы (КИП), исполнительные механизмы, датчики и другие измерительные средства, а также микропроцессорные терминалы защиты. Данный уровень обеспечивает сбор информации для дальнейшей передачи ее на программируемые логические контроллеры. Также на полевой уровень в трансформаторной подстанции устанавливают датчики пожарной сигнализации, видеокамеры для наблюдения за объектом, датчики, которые следят за показателями температуры внутри помещения.

На среднем уровне располагаются программируемые логические контроллеры (ПЛК), которые работают по заложенному в них алгоритму, а именно прием и выдача данных, выдача команд управления.

Для передачи информации со среднего уровня на верхний используется цифровой способ передачи. К нему относится GSM/GPRS связь. Для связи с нижним уровнем используется Интернет. Благодаря беспроводной связи уменьшается огромное количество проводов и кабелей.

На верхнем уровне производится отображение и мониторинг работы трансформаторной подстанции с привлечением оператора или диспетчера. Это уровень HMI (человеко-машинный интерфейс) и SCADA система (диспетчерское управление и сбор данных) [3].

Без взаимосвязи всех уровней автоматизированная система управления технологическим процессом будет работать, но с потерей некоторой функциональности.

Рассмотрим структуру АСУ ТП для трансформаторной подстанции № 10 (ТП-10), напряжением 10 кВ, находящейся в Вологде.

На нижнем или полевом уровне располагается оборудование релейной защиты и автоматики, а именно микропроцессорные терминалы защиты СИРИУС. Также на этом уровне устанавливаются шкафы освещения, отопления и сигнализации трансформаторной подстанции. В качестве средств учета электроэнергии предусматривается установка цифровых счетчиков электроэнергии СЭТ-4ТМ.03М.09.

Средний уровень представлен шкафом телемеханики. В шкафу телемеханики устанавливается промышленный компьютер Moxa DA-681A-I-DPP, уст-

ройство ввода/вывода сигналов связи и управления ioLogic E2212, модуль ввода/вывода сигналов ЭНМВ-1W, коммутатор EDS-516A, GSM-роутер iRZRU21w, модули защиты интерфейса от перенапряжений. От коммутатора выдается сигнал телеуправления на оборудование нижнего уровня. Также к среднему уровню относится автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ), выполненная коммуникатором SCG-3.6.

Верхний уровень представлен компьютером диспетчера, на который передается информация по GSM-каналу связи по протоколу МЭК 60870-5-104.

На рисунке 2 изображена функциональная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом ТП-10.

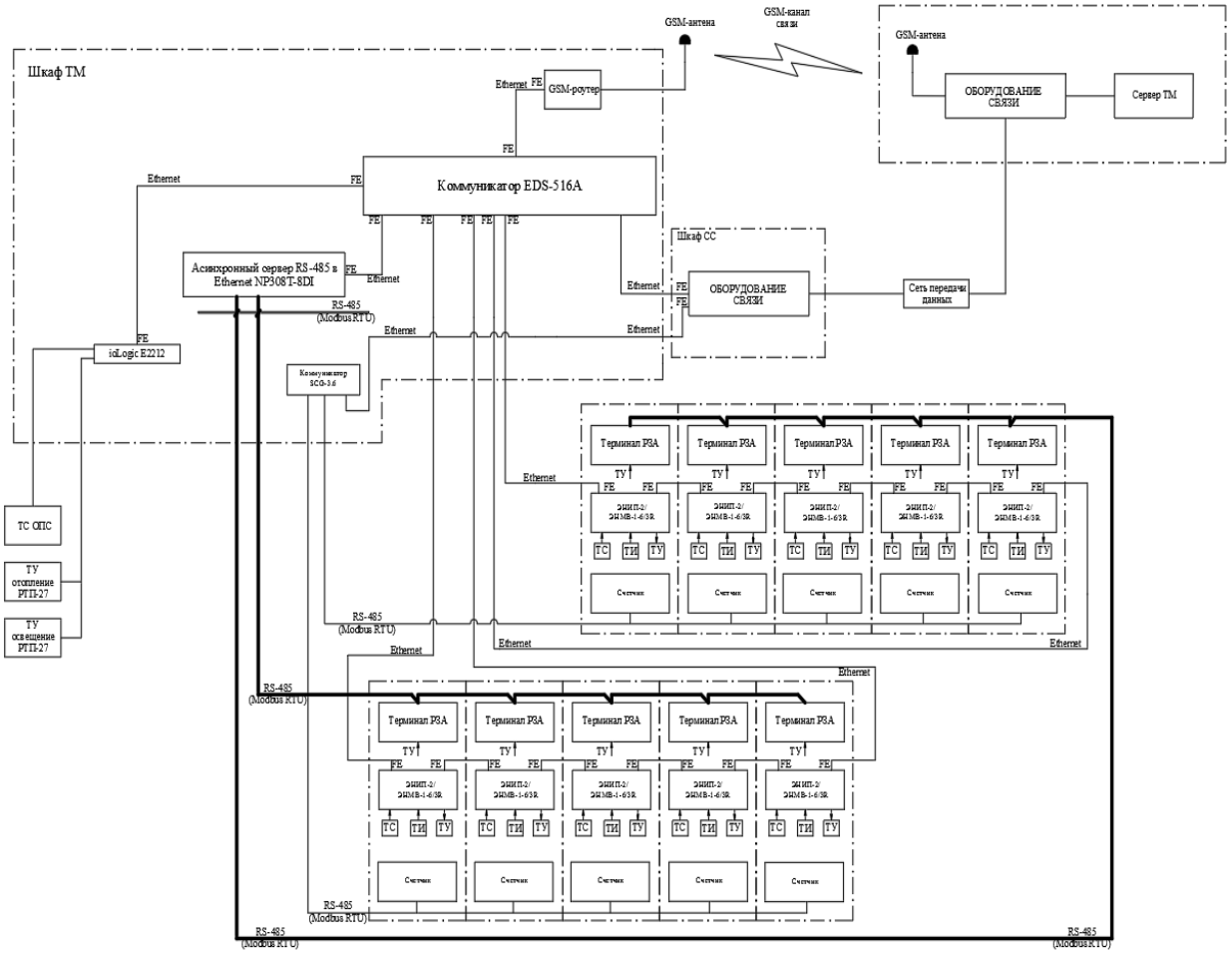


Рис. 2. Функциональная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом ТП-10

Данный проект был реализован в 2019 году, это позволило:

– Повысить эффективность диспетчерского управления.

– Повысить надежность и устойчивость систем электроснабжения.

– Ускорить ликвидацию аварий на ТП.

1. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 : методическое пособие / А. Л. Нестеров. – Санкт-Петербург : ДЕАН, 2006. – 552 с.

2. Колосова, О. С. Технические средства автоматизации и управления : учебник для академического бакалавриата / О. С. Колосова. – Москва : Юрайт, 2017. – 291 с.

3. Проценко, П. П. Автоматизированные системы управления на электрических станциях : учебное пособие / П. П. Проценко. – Благовещенск : АмГУ, 2014. – 106 с.

УПРАВЛЕНИЕ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ПАРКОВОЙ ЗОНЫ

Д.С. Молчанов
Научный руководитель ***А.М. Водовозов****, канд. техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Во многих странах мира, в том числе и в России, переходят на системы, позволяющие производить управление различными системами освещения. Все больше набирает популярность внедрение так называемого «Умного освещения». Оно позволит во многом уменьшить затраты на оплату электроэнергии, тарифы на которую с каждым годом растут.

Внедрение в города и сельские местности автоматизированных систем управления наружным освещением, или сокращенно АСУНО, призвано обеспечить экономию электроэнергии и общественную безопасность территории. Размещать такие системы управления освещением рекомендуют в многолюдных местах, таких как парки, скверы, площади и придомовые территории.

В настоящее время преимущественно для освещения парков и придомовых территорий используются светильники с лампами ДРЛ, которые обладают низкой световой эффективностью, достигающей максимум до 60 Лм/Вт. Для создания автоматизированной системы управления наружным освещением необходимо применять диммируемые светодиодные светильники, имеющие высокую светоотдачу (достигающую 150 Лм/Вт), длительный срок службы (до 50000 часов) и хорошую цветопередачу с индексом 90 [1].

На рисунке 1 изображена структурная схема автоматизированной системы управления наружным освещением.

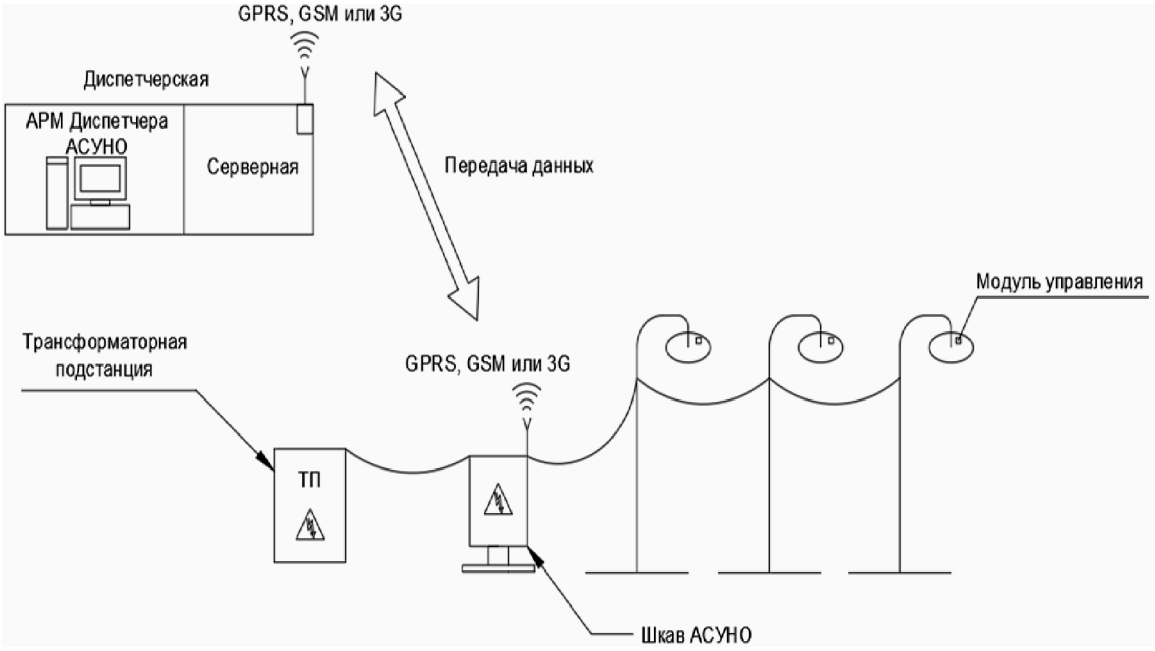


Рис. 3. Структура АСУНО

Система АСУНО состоит из верхнего и нижнего уровня. К верхнему уровню относят диспетчерскую. Силовое оборудование, контроллеры и различная автоматика относится к нижнему уровню системы.

В системе автоматический режим реализуется благодаря модулю индивидуального управления светильником. АСУНО настраивается на работу по календарному расписанию, по датчикам освещенности и датчикам присутствия. Такой вариант более подходящий и экономичный. Он способен подстраиваться именно под те погодные условия, которые происходят в настоящем времени. А при использовании календарного расписания могут произойти ситуации, когда освещенности достаточно и без искусственного освещения, что ведёт за собой излишние затраты на оплату электроэнергию и снижения эксплуатационных свойств оборудования.

Передача сигналов происходит по бесконтактной сети, через специальный модуль, расположенный в шкафу АСУНО. Самыми распространёнными являются: GPRS\GSM, PLC, LoRaWAN и 3G. Такая передача позволяет удаленно контролировать или корректировать всю структуру освещения, при этом необязательно находится рядом с устройством [2]. А в качестве связей для непосредственного управления всем освещением применяются следующие интерфейсы связи: ШИМ, 1-10В и DALI.

В шкафе АСУНО размещается специальное оборудование, необходимое для задания режимом работы светильников и проведения их диагностики. Питание шкафа осуществляется от трансформаторной подстанции. Состав шкафа АСУНО представлен на рисунке 2.

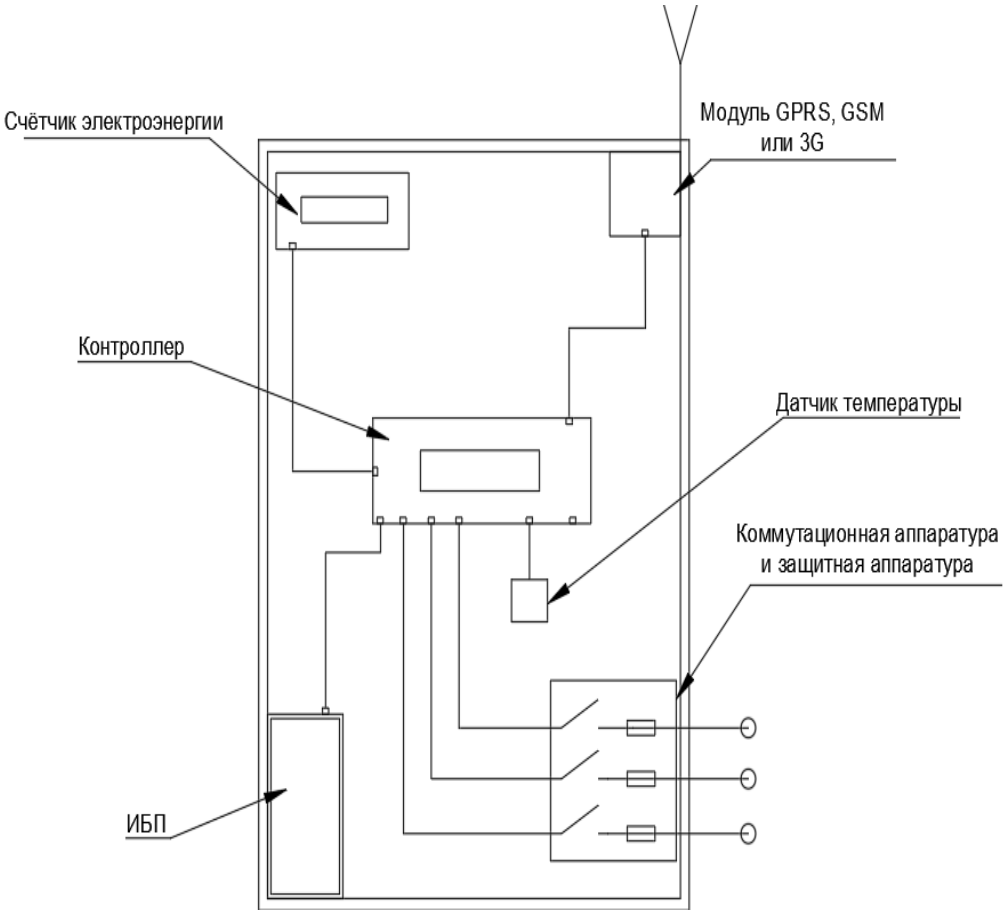


Рис. 4. Состав шкафа АСУНО

Сложность внедрения АСУНО в городскую и сельскую среду на малых территориях заключается в следующем:

– Малые средства финансирования и отсутствие первоначальных капитальных вложений и дорогостоящего оборудования.

– Отсутствие общепринятых стандартов, разногласия при принятии решений в процессе разработки проекта и согласовании документации, так как единого мнения добиться очень трудно.

Такие проекты являются сложными, дорогостоящими, требуют значительных капитальных вложений и по этим причинам их сложно использовать без доработки при ограниченном бюджете на малых объектах и в условиях локальной модернизации освещения. Планируемым результатом доработки и внедрения автоматизированной системы управления наружным освещением в условиях парковой зоны являются:

– Положительный экономический эффект: сокращение затрат на электроэнергию. Внедрение светодиодов, обладающих длительным сроком службы. Также уменьшение расходов будет происходить за счёт установки датчиков освещенности.

– Мониторинг за состоянием освещения: при выходе из строя любого участка сети легко можно выявить вышедшее из строя оборудование.

– Безопасность: применение АСУНО позволит сократить время отсутствия на городских улицах освещения, так как система будет подстраиваться под любые изменения погодных условий.

1. «INTELVISION»: официальный сайт. – Москва. – URL: https://www.intelvision.ru/ (дата обращения 12.10.2020). – Текст : электронный.

2. Адаптивная система управления уличной светоцветовой средой / Андреев А. Н., Бурцев А. В., Водовозов А. М., Колесниченко Д. А. // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования. Материалы XII Международной научно-технической конференции. – Вологда, 2017. – С. 23–26.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Г.Г. Муравьев
Научный руководитель ***Е.И. Грачёва***, *д-р техн. наук, профессор*
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань

Как известно, любые промышленные изделия, включая кабельную и проводную продукцию для энергетики, принято классифицировать и описывать строго по определённым критериям, которые называют техническими характеристиками. Они позволяют оптимально выбрать конкретную модель из большого разнообразия имеющихся изделий, обеспечить ее длительную и бесперебойную работу.

Для кабельных линий (КЛ) следует выделить эксплуатационные параметры в зависимости от температуры нагрева и материла изоляции.

Рассмотрим особенности КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена (СШЭ), поливинилхлорида (ПВХ) и бумаги (БП). Для наглядности воспользуемся графиками зависимости температур жил кабелей от длительно допустимого тока, взятого в процентном отношении к справочному значению.

Рассчитаем температуру жилы, используя выражение (1):

$$I_{\text{доп}} = I\sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{окр}}}{t_{\text{ж}} - t_{\text{окр}}}}\,. \qquad (1)$$

Преобразовав выражение, получим (2):

$$t_{\text{ж}} = \frac{I^2(t_{\text{доп}} - t_{\text{окр}})}{I_{\text{доп}}^2} - t_{\text{окр}}\,. \qquad (2)$$

В расчетах используется коэффициент загрузки КЛ Кз (3):

$$К_з = \frac{I_р}{I_{доп}} , \quad (3)$$

где Ip – расчетный ток, принятый в процентном соотношении к допустимому.

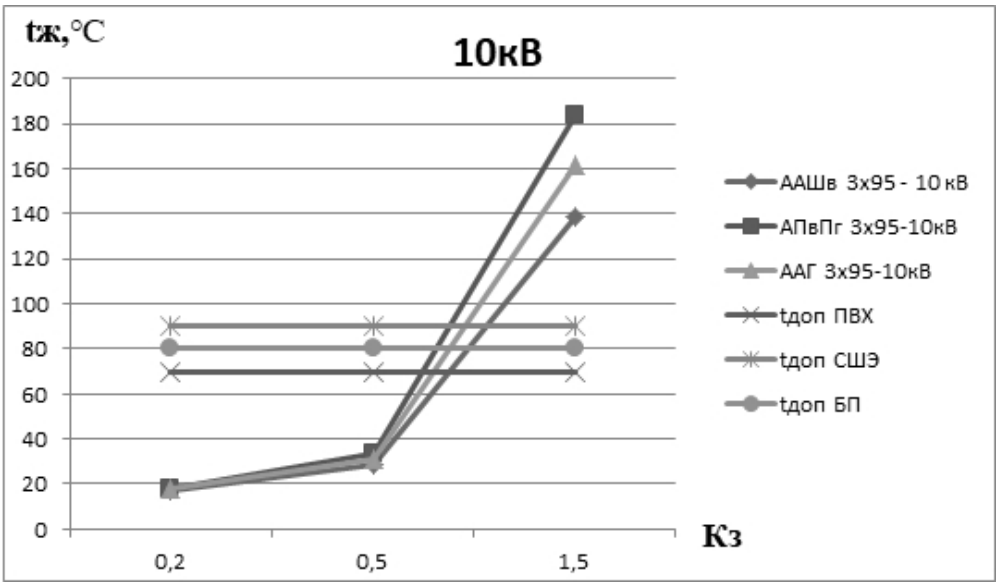


Рис. 1. Зависимость величины температуры жилы от коэффициента загрузки и изоляции КЛ 10кВ

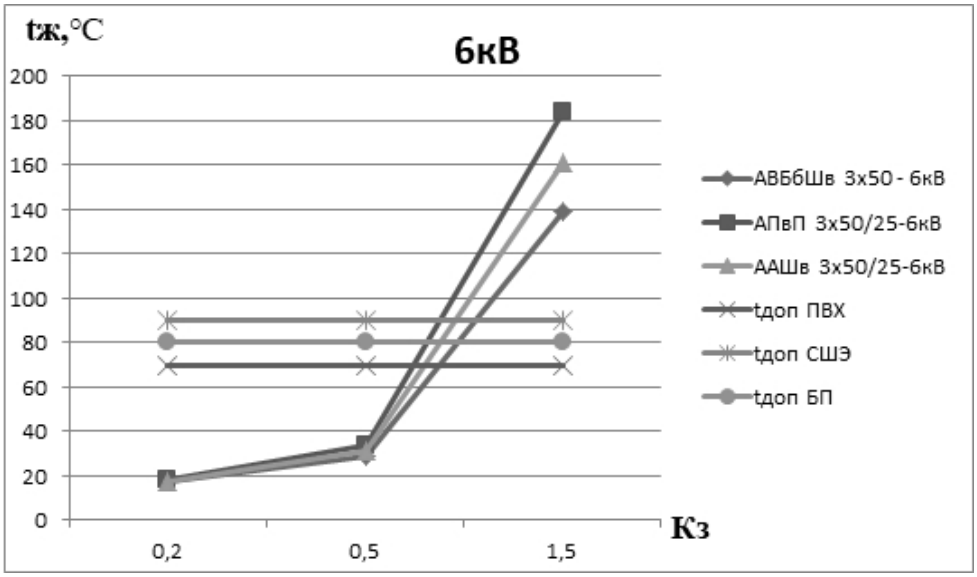


Рис. 2. Зависимость величины температуры жилы от коэффициента загрузки и изоляции КЛ 6кВ

Графические зависимости рисунков 1, 2 показывают, что при коэффициенте загрузки 0,2 исследуемый параметр практически одинаков или же КЛ с изоляцией из ПВХ уступает БПИ на 0,5 °С, а СШЭ – на 1 °С. При линии, загруженной на 50 % видно, что температура жилы имеет разницу 4–10 °С, где

ПВХ уступает БПИ на 4 °С и СШЭ на 10 °С. В режиме перегрузки кабель с СШЭ изоляцией имеет набольшее значение 184 °С, БПИ – 160 °С, а ПВХ –137 °С.

1. Влияние технических параметров электрических аппаратов систем электроснабжения на их характеристики надежности / Грачева Е. И., Ившин И. В., Горлов А. Н., Алимова А. Н. – Текст : электронный // Проблемы региональной энергетики. 2019. – № 2 (43). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnicheskih-parametrov-elektricheskih-apparatov-sistem-elektrosnabzheniya-na-ih-harakteristiki-nadezhnosti (дата обращения: 28.10.2020).

2. Федотов, А. И. Учет нагрева элементов цеховых сетей при определении потерь электроэнергии / Федотов А. И., Грачева Е. И., Наумов О. В. – Текст : электронный // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2004. – № 5–6. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-nagreva-elementov-tsehovyh-setey-pri-opredelenii-poter-elektroenergii (дата обращения: 20.10.2020).

3. Кабельно-поисковая система. – URL: http://www/k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyie/s-bumajnoi-izolyaciei/aabl-1kv/ (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.

ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

П.П. Муханова
Научный руководитель ***Е.И. Грачёва****, д-р техн. наук, профессор*
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань

Низковольтные коммутационные аппараты являются одним из основных средств электрификации и автоматизации промышленного производства и технологических процессов. Практически вся электроэнергия (после возможных ее преобразований) распределяется и доводится непосредственно до потребителя с помощью низковольтных аппаратов. Коммутационные аппараты предназначены для формирования схем питания электроприемников, выполнения защитных функций при аварийных ситуациях. Таким образом, низковольтные аппараты являются важнейшей частью практически всех объектов электроснабжения промышленности и быта. В связи с этим предъявляются соответствующие требования к их характеристикам и качеству.

В данной работе рассмотрим зарубежные и отечественные фирмы-производители автоматических выключателей, сравним модели с аналогичными характеристиками по ценовой категории (табл. 1, 2, рис. 1, 2).

Таблица 1

Автоматические выключатели зарубежных заводов-изготовителей

Производитель	Модель	Номинальный ток, I_n, А	Мех./ эл. износостой-кость, циклов	Стоимость, руб.
Schneider electric	C60H-DC	6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63;	10000/4000	2704–3986
Legrand	TX³ 6000	6; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	10000/4000	264–471
ABB	S201M	0,5; 1; 1,6; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	20000/10000	2051–3343
CHINT	DZ47-60	1-6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	10000/4000	181–208

Таблица 2

Отечественные автоматические выключатели

Производитель	Модель	Номинальный ток, I_n, А	Мех./ эл. износостой-кость, циклов	Стоимость, руб.
Контактор	ВА47-063Про	1; 2; 3; 4; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	10000/4000	365–559
IEK	ВА47-29	0,5; 1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	20000/6000	116–208
DEKraft	ВА-101	1; 2; 3; **4**; **5**; 6; **8**; 10; **13**; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	25000/6000	119–161

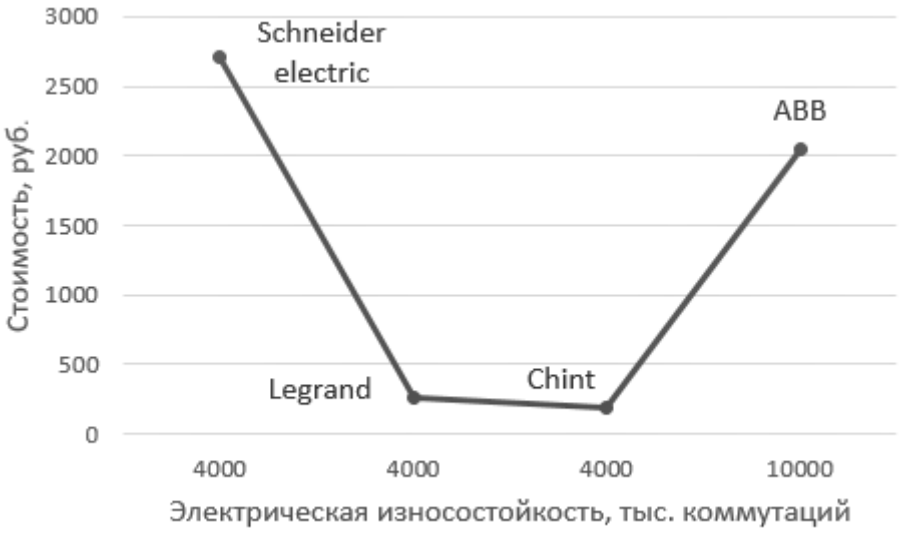


Рис. 1. Автоматические выключатели зарубежных заводов-изготовителей

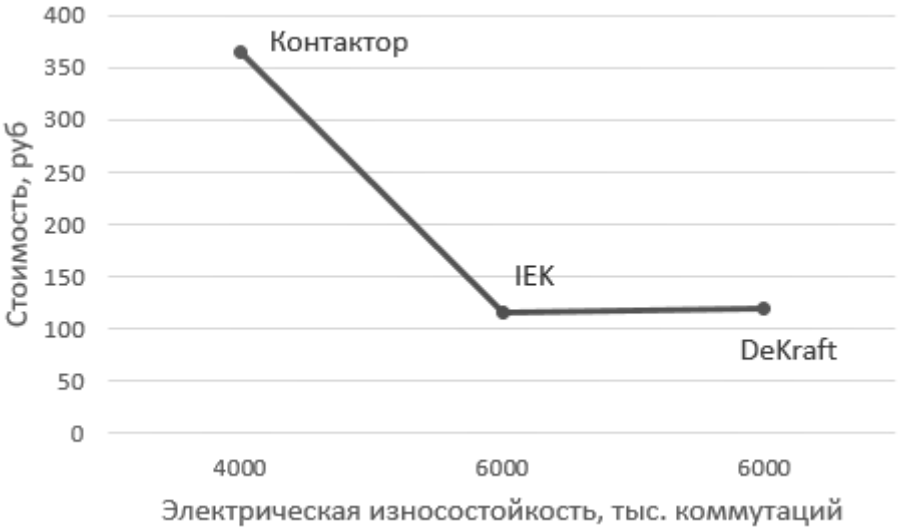


Рис. 2. Отечественные автоматические выключатели

Щит станции управления с дополнительным блоком для аппарата защиты, в котором устанавливается автоматический выключатель в соответствии с техническими характеристиками двигателя. Например, такие автоматические выключатели, как Schneider electric, Legrand, ABB, DEKraft, IEK и т.д. с номинальным током $I_{\text{ном}} = 6$ А.

В результате исследования технических характеристик низковольтных коммутационных аппаратов установлено, что автоматические выключатели, имеющие наибольшую стоимость, наряду с этим обладают лучшей механической и электрической износостойкостью. Например, выключатель ABB марки S201M имеет электрическую износостойкость 10000 циклов, тогда как выключатель CHINT марки DZ47-60 ограничивается 4000 циклов. Стоимость S201M на 1033 % выше стоимости DZ47-60. Таким образом, мы видим, что разница в цене вполне оправдана.

1. Грачёва, Е. И. Анализ параметрической надёжности электрических контактов : монография / Е. И. Грачёва. – Казань : Казанский государственный энергетический уни верситет, 2012. – 144 с.

2. Шагидуллина, А. В. Сравнительное исследование эксплуатационных характеристик низковольтных аппартов / Шагидуллина, А. В., Грачева, Е. И. – Текст : электронный // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2011. – № 1–2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnoe-issledovanie-ekspluatatsionnyh-harakteristik-nizkovoltnyh-appartov (дата обращения: 23.10.2020).

3. Исследование параметров надежности низковольтных коммутационных аппаратов по эксплуатационным данным промышленных предприятий / Грачева Е. И., Садыков Р. Р., Хуснутдинов Р. Р., Абдуллазянов Р. Э. – Текст : электронный // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2019. – № 1–2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-parametrov-nadezhnosti-nizkovoltnyh-kommutatsionnyh-apparatov-po-ekspluatatsionnym-dannym-promyshlennyh-predpriyatii (дата обращения: 25.10.2020).

ПРИМЕНЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ БЕСПРОВОДНЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

С.М. Ордец
Научный руководитель ***А.М. Водовозов****, канд. техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время задача построения распределенных систем сбора данных и отслеживания технологических процессов как никогда важна в самых различных аспектах жизнедеятельности человека. В качестве регистрирующих данных элементов систем используются датчики – средства измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения форме, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем [1].

Для повышения эффективности производства должно быть понимание технологического процесса, существование которого невозможно без наличия измерительной аппаратуры на производстве. Полевые объекты бывают труднодоступны, поэтому возникают сложности, такие как сбор данных. Некоторыми примерами многочисленных проблем являются опасные условия эксплуатации, отсутствие электропитания. Использование автономных беспроводных датчиков снабдит вас необходимой информацией в тех случаях, когда эффективность является основной задачей. Основное предназначение датчиков заключается в обнаружении признаков нештатной работы и предотвращении неожиданных сбоев промышленного оборудования на ранних стадиях, в условиях частых измерений температуры поверхности оборудования на ста-

лепрокатном производстве, и возможности оперативного отслеживания таких данных. Благодаря полевой беспроводной сети датчики и анализаторы способны обмениваться данными с системами отслеживания и контроля верхнего уровня. Увеличение производительности труда и безопасности за счет отслеживания большего количества данных о работе оборудования повышает спрос на полевые беспроводные датчики, которые могут устанавливаться даже в труднодоступные зоны. Кроме того, применение полевых беспроводных устройств имеет такое преимущество, как снижение затрат на монтаж.

Пользователям, которым нужно быстро обновляющее информацию по температуре и обнаруживающее на ранних стадиях нарушения в работе оборудования устройство, подойдут датчики температуры Accutech TC10. За счет предоставления обновлений по уровню температуры на заводских объектах в реальном времени, данный датчик помогает пользователям быстро обнаруживать нарушения в работе оборудования и обеспечивать своевременное обслуживание.

Принцип работы датчика основан на термопаре, в зависимости от условий работы предлагается 4 типа – J от 0 до 760 °C, K от 0 до 1260 °C, S от 0 до 1480 °C, T от 0 до 370 °C. Сеть может быть огромной – 100 полевых модулей могут быть объединены по одному базовому радиомодулю, 256 радиомодулей могут быть объединены в одну сеть. Отслеживание данных обеспечивается фирменным программным обеспечением Accutech Manager, разработанным на базе Windows. Датчик имеет встроенную литиевую батарею с заявленным сроком службы 10 лет, жидкокристаллический дисплей с мембранными кнопками, вибростойкий и ударопрочный корпус из нержавеющей стали. Вопреки расхожему мнению, датчик имеет высокую стабильность (отклонение не более 0,025 % в год), может работать в радиополях от 80 до 1,000 МГц мощностью до 30В/м [2].

Преимущества:

1. Гибкая беспроводная система связи. Данная сеть работает в широком спектре частот, в режиме скачкообразного изменения частоты. Максимальное расстояние покрытия при использовании стандартных антенн составляет 1000 метров. Опционально датчик можно оснастить внешними направленными антеннами для увеличения площади покрытия.

2. Легко конфигурируемое, широко масштабируемое решение. Возможно создание сети из 256 радиомодулей, до 100 датчиков на каждом, если необходимо увеличение покрываемой площади. Простота конфигурации, монтажа и тестирования позволяют развернуть сеть за несколько часов.

3. Простота в использовании, низкие эксплуатационные расходы. Система уведомления пользователя о необходимости замены аккумулятора информирует за несколько недель до истечения срока службы элемента питания, которого должно хватить максимум на 10 лет.

4. Передача данных по промышленному стандарту. Датчики обеспечивают совместимость с широкой линейкой промышленного оборудования, так как поддерживают промышленный стандартный протокол связи Modbus.

5. Надежное сертифицированное оборудование. Продукция Accutech предназначена для применения на объектах с жесткими требованиями. Простой внешний интерфейс позволит настраивать устройства в различных производственных условиях.

6. Конфигурирование и контроль от базового радиомодуля. Фирменное программное обеспечение интуитивно и необходимо для развертывания сетей, а также производит комплексную проверку, обнаруживает полевые датчики по базовым радиомодулям, собирает и анализирует данные.

Целевые рынки включают в себя нефтяную, нефтехимическую, химическую, целлюлозно-бумажную промышленность, а также металлургию.

Возможность использования беспроводных датчиков измерения температуры на производстве сильно интересуют отечественных производителей. Так, ПАО «Северсталь» в рамках программы Профстажировки.рф предполагает выполнение следующих работ:

- изучение условий эксплуатации предлагаемого решения;
- изучение рынка датчиков и контроллеров передачи данных;
- апробирование в производственных условиях.

1. Водовозов, А. М. Элементы систем автоматики. Учебное пособие / А. М. Водовозов. – Москва : Академия, 2008. – 219 с.

2. Техническая информация для Accutech TC10. Спецификация : официальный сайт. – URL: https://www.plcsystems.ru/catalog/accutech/doc/Accutech_TC10_spec_rus.pdf (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

Ю.О. Орехов

Научный руководитель ***А.Н. Андреев****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Природный газ, добываемый из Бованенковского месторождения, расположеннго на полуострове Ямал, обрабатывается перед поставкой его к конечному потребителю. Охлаждение газа – необходимый технологический процесс. Охлаждается газ проходя через аппараты воздушного охлаждения газа – АВОг. Холодный газ меньше изнашивает трубопровод и увеличивает пропускную способность магистрали.

Автоматически действующая аппаратура выполняет операции вместо человека, исключая человеческий фактор, гарантирует своевременность, точность и безошибочность проводимых операций.

Помимо этого, применение новейших систем управления электроприводом (СУЭП) снизит затраты, такие как капитальные и эксплуатационные; повысит производительность рабочих органов АВОг путем оптимизации частоты вращения в зависимости от необходимого параметра; увеличит эффективность и надежность процессов охлаждения.

Наиболее распространены в промышленности автоматизированные СУЭП с использованием микропроцессорной техники и преобразователей частоты.

АВО общепромышленного назначения предназначены для охлаждения и/или конденсации жидких или газообразных сред с температурой - 40 … + 40 °С и давлением 0,6…6,4 МПа. В качестве охлаждающего агента используют атмосферный воздух, так как это дёшево, легко реализуемо и экономически выгодно.

Когда газ конденсируется, в технологических системах создаются гидраты, которые закупоривают трубы в магистрали и линии передачи газоперекачивающих агрегатов (ГПА). Содержащиеся в газе водяные пары и сернистые соединения способствуют появлению коррозии. Поэтому АВО занимают одно из значимых мест в системе транспортировки газа. Удаление водяных паров производится следующим образом: газ осушают – охлаждают его; водяные пары конденсируются; получившийся конденсат отводят с помощью специальных насосов. В итоге – на выходе аппарата охлаждение воздуха – газ с небольшой концентрацией водяных паров, которые уже не влияют на его транспортировку, при условии соблюдения давления и температуры.

Согласно техническим характеристикам аппарата 2АВГ, используется безредукторный, специальный обдуваемый взрывозащищенный асинхронный двигатель второй серии ВАСО2-22-14 (рис. 1, 2). Данный двигатель с короткозамкнутым ротором используется во взрывоопасных помещениях всех классов, наружных установках, в которых возможны образования взрывоопасных смесей газа или пара с воздухом, отнесенных к категориям 1, 2, 3 и группа Т1, Т2, Т3, Т4 [1].

Рис. 1. Конструкция аппарата типа 2АВГ

Рис. 2. Электродвигатель типа ВАСО

Изменение частоты вращения вала двигателя можно осуществлять за счет одновременного изменения подводимого напряжения и частоты. Так как у нас нагрузкой является вентилятор, то их изменение будем проводить по закону Костенко (рис. 3) для вентиляторной нагрузки $\frac{U}{f^2} = const$ [2].

$$\begin{cases} M = M_{\text{ест}} \cdot \left(\frac{U}{U_{\text{ест}}}\right)^2 \cdot \left(\frac{f_{\text{ест}}}{f}\right)^2 \\ n_0 = n_{0\,\text{ест}} \cdot \left(\frac{f}{f_{\text{ест}}}\right) \end{cases}$$

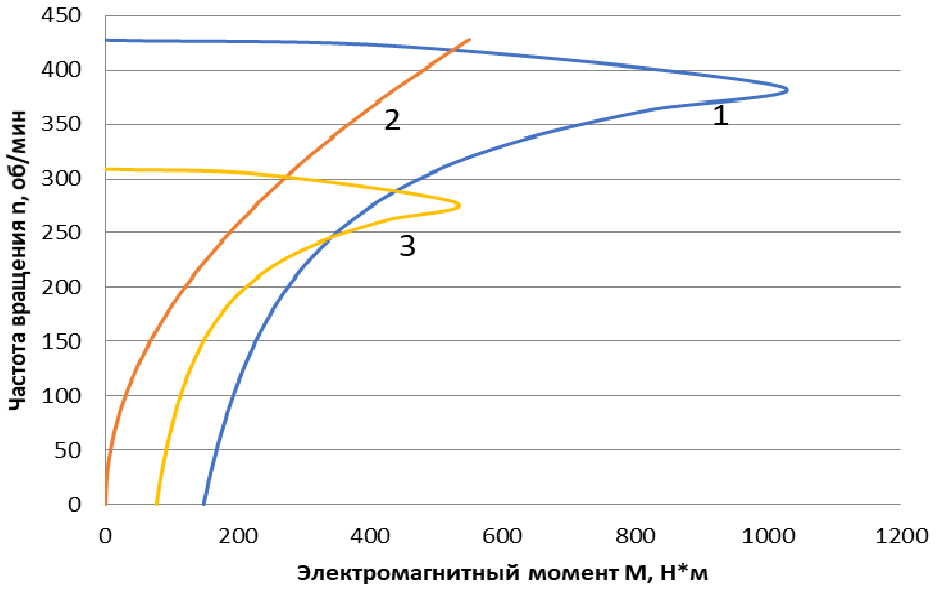


Рис. 3. Пересечение естественных характеристик двигателя (1) и вентилятора (2) при одновременном изменении напряжения и частоты (3)

Построение математической модели производился в пакете программ MatLab Simulink. На рисунке 4 изображена функциональная схема приводного двигателя с вентилятором.

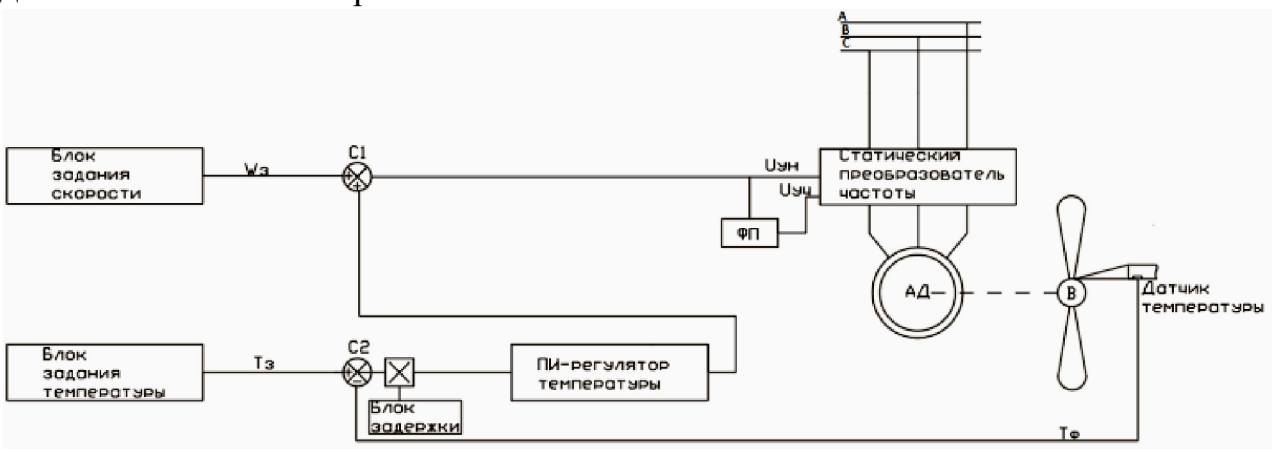


Рис. 4. Функциональная схема электропривода вентилятора

В результате расчетов и моделирования были получены схемы и осциллограммы, изображенные на рисунках 5–8.

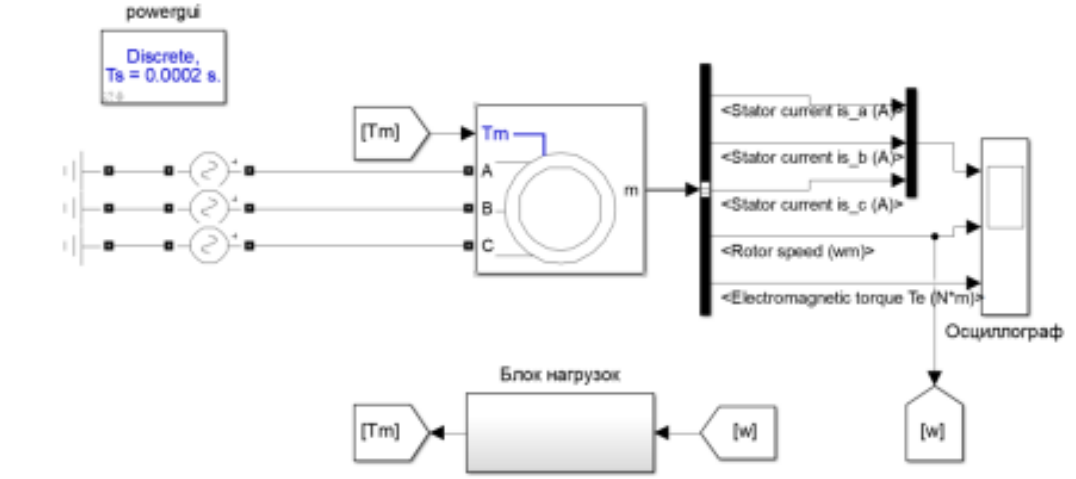


Рис. 5. Имитационная модель прямого пуска

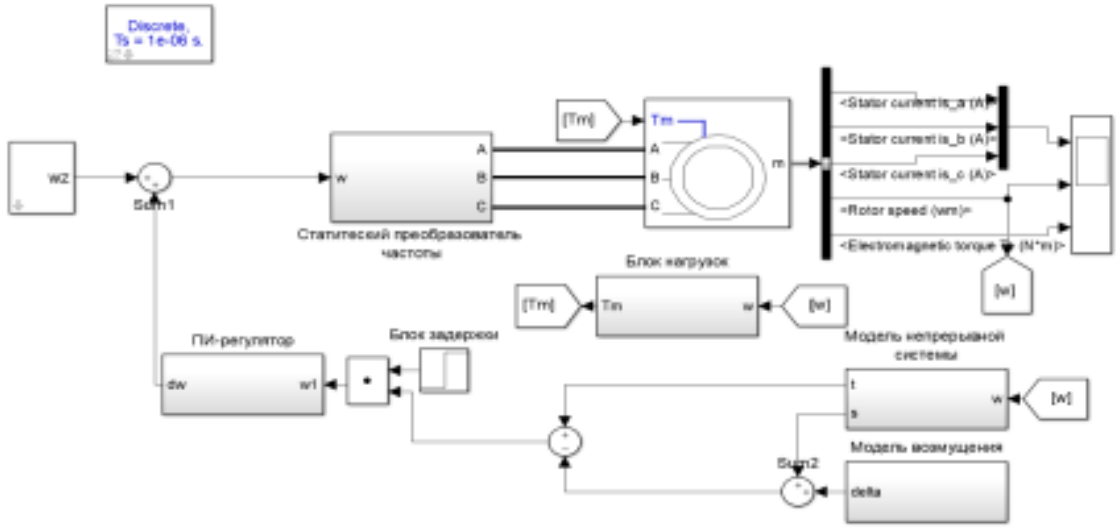


Рис. 6. Имитационная модель АД с ПЧ

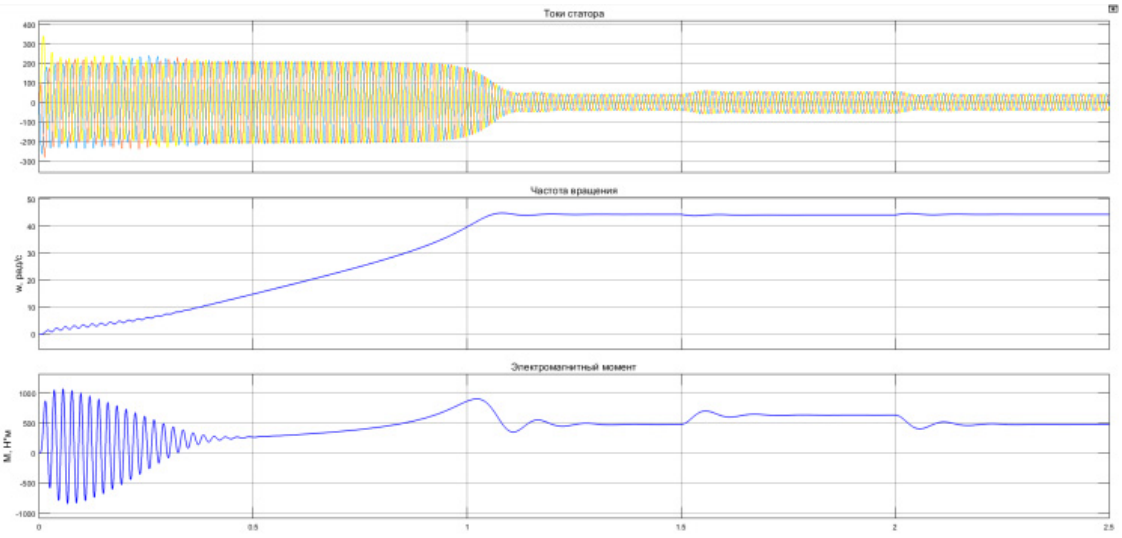


Рис. 7. Переходные характеристики в системе с прямым пуском

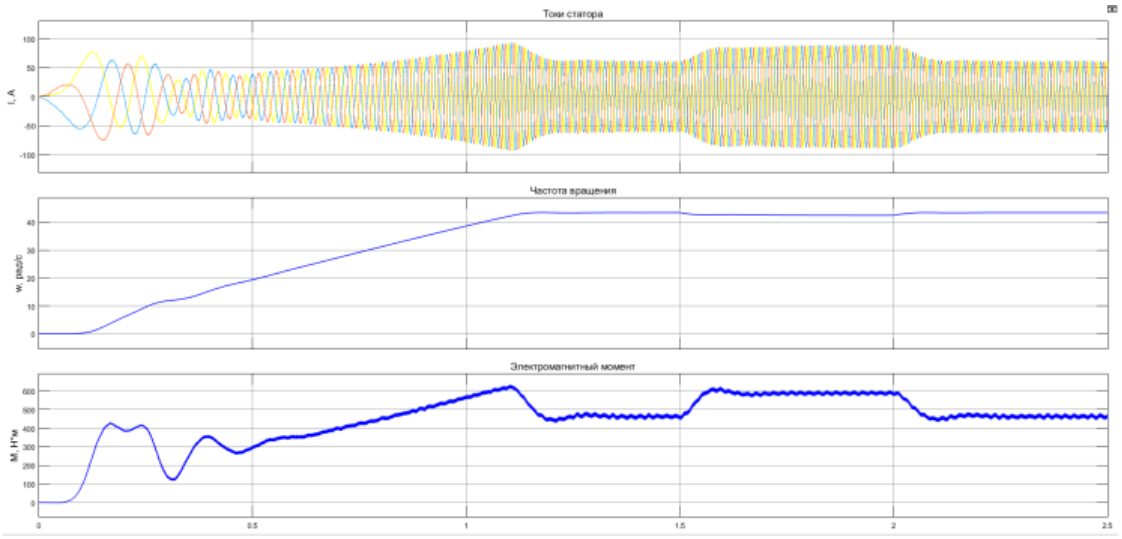


Рис. 8. Переходные характеристики в системе ПЧ с АД

Пуск двигателя осуществлялся с номинальной нагрузкой. Проведена проверка на устойчивость к дополнительному моменту сопротивления $M_c = 1.3M_{\text{ном}}$. Проверка на устойчивость нужна для того, чтобы узнать, как будет вести себя электропривод при попадании нежелательного элемента в рабочее колесо вентилятора или при оледенении лопастей.

В результате моделирования выяснилось, что при прямом пуске электродвигателя присутствуют пусковые токи, которые ускоряют старение изоляции, присутствуют нежелательные колебания момента при набросе и сбросе M_c. Скалярное регулирование устраняет эти параметры в переходных процессах.

Можно сделать вывод, что скалярное регулирование частотой вращения электродвигателя дает нам такие преимущества как:

- обеспечивает экономию электрической энергии;
- снижает затраты на ремонт и обслуживание электрооборудования;
- устраняет пусковые токи;
- использует потенциал двигателя более рационально за счет внедрения ОС, в данном случае по температуре газа на выходе в магистраль;
- повышает безопасность и точность технологического процесса, исключая человека и человеческий фактор.

1. ГОСТ 12.1.011-78* (СТ СЭВ 2775-80). Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний. – Москва : Издательствово стандартов, 1991. – 30 с.

2. Белов, М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. – Москва : Академия, 2007. – 576 с.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ

А.А. Пастухова
Научный руководитель ***В.Е. Мещеряков****, канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Вопрос заземления объектов электроэнергетики остаётся актуальным во все времена. Именно от работоспособности заземляющего устройства зависят жизни людей и нормальное функционирование электрооборудования, поэтому небрежное отношение к данному вопросу недопустимо, а знания о видах, методах расчёта заземлителей и требованиях, предъявляемых к ним, просто необходимы.

Заземляющее устройство (ЗУ) представляет собой совокупность заземлителей, находящихся в непосредственном соприкосновении со средой, и заземляющих проводников, соединяющих определённые элементы электроустановки с заземляющим электродом. Через эту конструкцию происходит стекание тока в землю, причинами которого являются: замыкание токоведущей части электроустановки на заземлённый корпус электрооборудования; падение провода на землю; использование земли в качестве провода и т.п. [1].

Заземлители делятся на естественные и искусственные. В качестве первых принято использовать металлические или железобетонные конструкции, металлические трубы водопровода, обсадные трубы буровых скважин, металлические оболочки бронированных кабелей. Их основное назначение заключается не в заземлении, но являясь проводниками, они способствуют растеканию тока. Искусственные заземлители – это металлоконструкции, специально выполняемые для заземляющих цепей. В качестве материала электродов используют омедненную или оцинкованную сталь, чёрные металлы. Такие заземлители не должны иметь окраски.

По своему функциональному назначению ЗУ классифицируют на устройства рабочего, защитного, молниезащитного и помехозащитного заземления.

Нормальную работу электрических приборов и устройств и отключение аварийных режимов гарантирует рабочее заземление. Заземление нейтрали силового трансформатора выполняет именно эту функцию, обеспечивая замыкание токов КЗ и возврат нескомпенсированного тока при несимметрии трёхфазной сети. Защитное заземление предназначено для устранения опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на электрооборудовании в режиме КЗ. Растекание тока молнии в землю обеспечивает молниезащитное заземление, а ограничение уровня электромагнитных помех достигается путём использования заземления ЭМС.

Заземлители на электрических станциях и подстанциях являются универсальными: один заземлитель выполняет все вышеперечисленные функции.

Согласно ПУЭ гл. 1.7. ЗУ следует выполнять с соблюдением требований либо к их сопротивлению, либо к напряжению прикосновения. Выбор расчетного критерия является прерогативой инженера-проектировщика.

Расчёт сопротивления ЗУ. Наибольшее допустимое сопротивление ЗУ электроустановок напряжением выше 1 кВ R=0.5 Ом [2]. Расчёт производится различными методами. Один из них – метод коэффициента использования достаточно прост: в расчётной модели заземлителя рассчитываются только собственные сопротивления, а взаимные сопротивления учитываются с помощью коэффициентов использования, значения которых для типовых конструкций приводятся в справочниках. Недостатком данного метода является ограниченность в применении: используется только при оценочном расчёте типовых заземлителей в однородном грунте.

Расчёт сопротивления заземлителей с учётом особенностей грунта (неоднородность, многослойность) выполняется с помощью компьютерных программ.

Несомненно, при проектировании ЗУ необходимо соблюдать данное требование, но при этом не будут учтены требования по электробезопасности. Поэтому возникает необходимость рассчитывать напряжение прикосновения.

Расчет напряжения прикосновения основан на определении потенциала на элементах ЗУ и оборудования при одновременном прикосновении к ним человека. В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.038-82 напряжение прикосновения не должно превышать 500 В на всей территории подстанции и 65 В на рабочих местах. Предельно допустимое значение напряжения прикосновения зависит от времени отключения КЗ (сумма времени действия защиты и полного времени отключения выключателей). У рабочих мест подстанции принимают время действия резервной защиты, а для остальной территории – основной защиты.

Создадим модель заземляющей сетки 100×100 м с шагом сетки 20 м на глубине 0,5 м в земле с удельным сопротивление 100 Ом·м и 2000 Ом·м и рассчитаем для каждого случая напряжение прикосновения (рис. 1). Результаты расчёта показывают, что при удельном сопротивлении 2000 Ом·м напряжение прикосновения в 5 раз больше, чем при 100 Ом·м.

Для уменьшения напряжения прикосновения пользуются следующими мероприятиями:

- уменьшение шага ячеек заземляющей сетки;
- местное выравнивание потенциала;
- применение высокоомных подсыпок (гравий, щебень);
- применение изоляционных покрытий (асфальт).

В рассматриваемом случае при удельном сопротивлении грунта 2000 Ом·м уменьшение шага сетки заземлителей привело к уменьшению напряжения прикосновения до значения 343 В, а при использовании подсыпки щебнем – до значения 247 В.

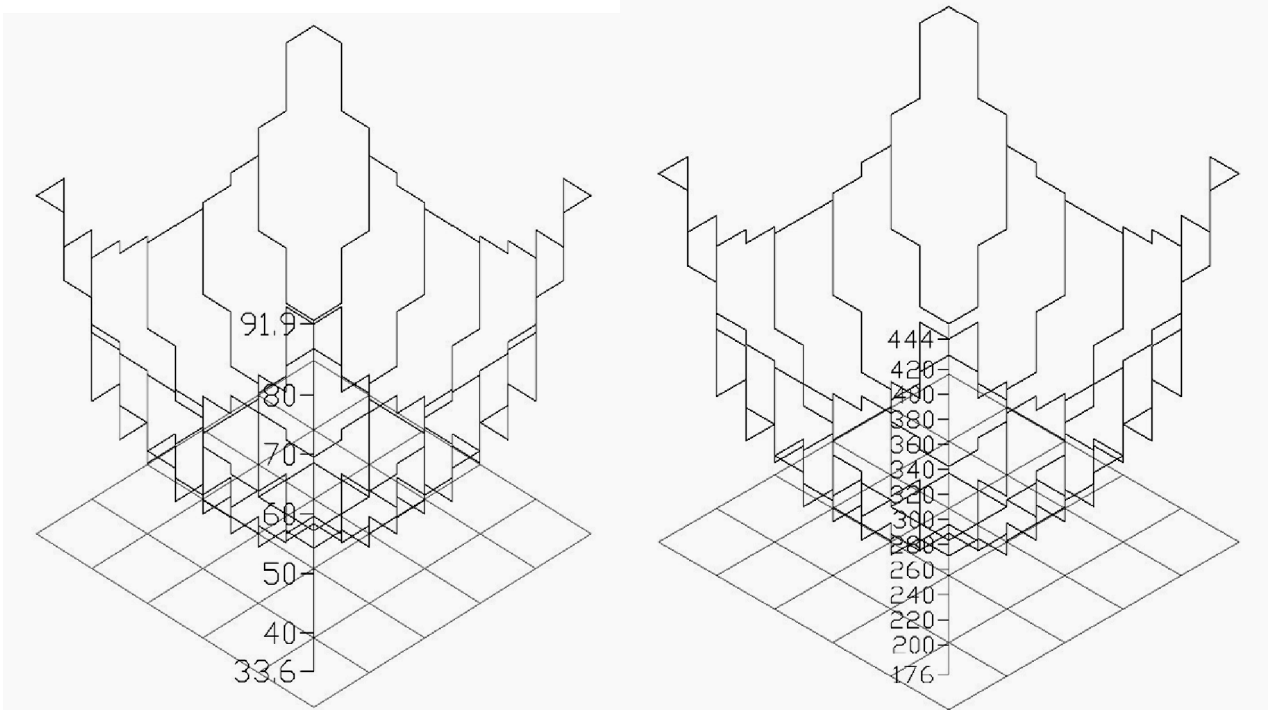


Рис. 1. Результаты расчёта напряжения прикосновения при различных удельных сопротивлениях грунта

Снижения потенциала на ЗУ. Напряжение на ЗУ при стекании с него тока замыкания на землю не должно превышать 10 кВ. Напряжение выше 10 кВ допускается при условии исключения выноса потенциала за пределы ограждения подстанций. При напряжении 5 кВ должны быть предприняты меры по предотвращению выноса потенциала за пределы электроустановки и по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики. К таким мероприятиям могут быть отнесены: применение для защиты изоляции кабелей связи и телемеханики оптоволоконных линий связи, для которых высокое напряжение на ЗУ не представляет опасности; использование для защиты трубопроводов различного назначения труб из непроводящих материалов.

Методы снижения потенциала на ЗУ:

– Применение системы трос-опоры. Данная система моделируется цепной схемой с Г-четырёхполюсниками, включающими продольное сопротивление троса Z и поперечную проводимость заземлителя опоры Y (рис. 2). Концевая опора в состав системы трос-опоры не включается и моделируется отдельно. Весь ток стекает через опоры в землю и до конца линии не дотекает [3].

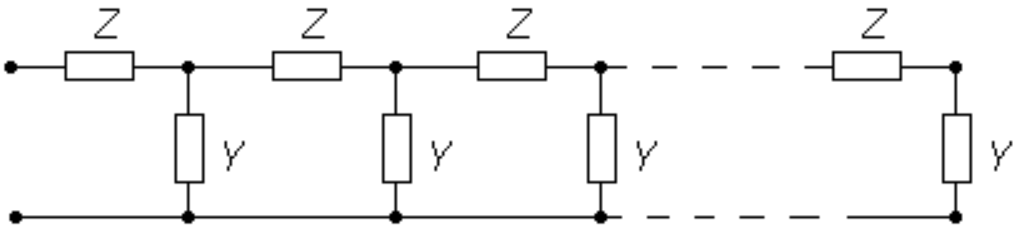


Рис. 2. Цепная схема замещения системы трос-опоры

– Применение выносных заземлителей, в качестве которых могут быть использованы экраны силовых кабелей, заземленные на ЗУ подстанции 110/10 кВ и распределительных подстанций 6–10 кВ; стальные шины, уложенные в кабельную траншею.

До конца прошлого века проектирование заземлителей проводилось с нормировкой сопротивления, расчет которого выполнялся аналитически методом коэффициентов использования. Уточнение требований электробезопасности привело к проектированию заземлителей подстанций исходя из нормировки напряжения прикосновения, что потребовало численных расчетов. В настоящее время расчёт ЗУ производится в компьютерных программах с использованием математических моделей, которые дают пользователю полное представление о распределении токов, напряжений узлов ЗУ.

1. Электробезопасность. Теория и практика : учебное пособие для вузов / П.А. Долин [и др.]. – Москва : МЭИ, 2012. – 280 с.

2. СТО 56947007-29.130.15.114-2012. Стандарт организации. Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ: утв. приказом ОАО «ФСК ЕЭС» : введен 03.02.2012 № 55. – Москва, 2012. – 63 с.

3. Шишигин, С. Л. Расчёт заземлителей : учебное пособие / С. Л. Шишигин. – Вологда : ВоГТУ, 2012. – 119 с.

МЕТОДЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

А.А. Попова
Научный руководитель ***В.А. Бабарушкин****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Технический прогресс в наше время развивается очень быстрыми темпами. Еще десять лет назад мы не смогли бы и предположить, что простой мобильный телефон станет полноценной заменой и компьютеру, и телевизору одновременно. Единственное, что до сих пор не подверглось масштабному обновлению – передача электроэнергии.

История беспроводной передачи энергии берет свое начало еще в XIX веке, когда Майкл Фарадей открыл явление электромагнитной индукции. На основе этого явления и многочисленных опытов позже появился первый электрический трансформатор. А первым, кому удалось претворить идеи беспроводной передачи энергии в жизнь, стал сербский ученый и инженер Никола Тесла. Уже в 1893 году на одной из выставок в городе Чикаго он смог продемонстрировать беспроводную передачу электроэнергии путем зажигания лампочек, находящихся на расстоянии друг от друга.

Беспроводная передача энергии – это не какой-то один универсальный способ, наоборот, это понятие состоит из нескольких в разной степени изученных методов. На рисунке 1 можно проследить их структуру.

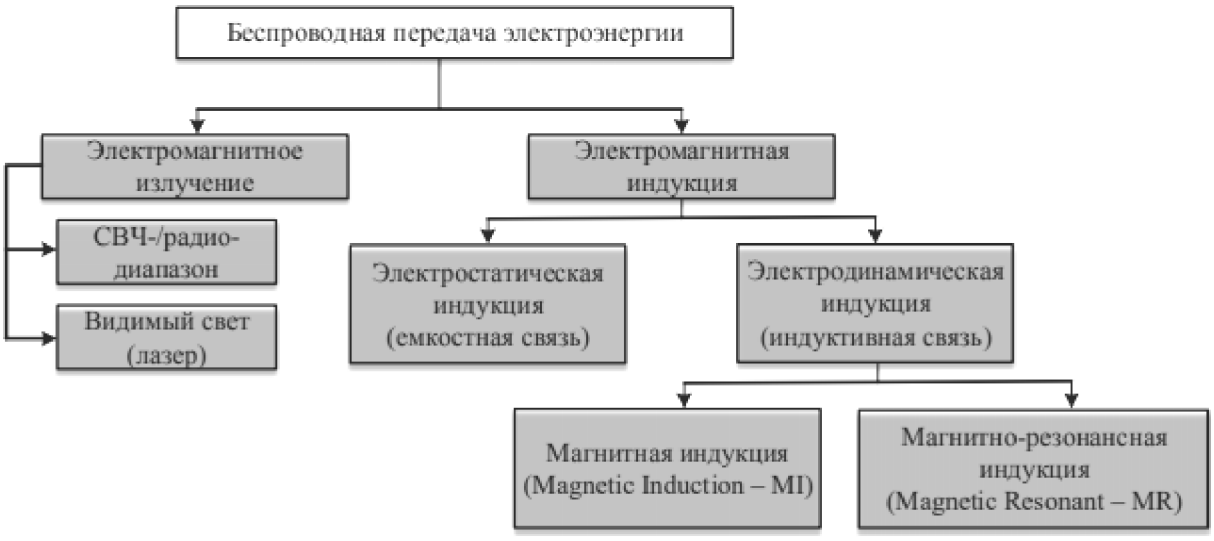


Рис. 1. Методы беспроводной передачи энергии

Одним из самых простых методов является метод электромагнитной индукции, в ходе которого используются электромагнитное поле. Принцип дей-

ствия этого метода заключается в том, что берутся две катушки индуктивности, которые располагаются друг напротив друга, на одну из них подается напряжение, а вторая в это время играет роль приемника. Из-за явления взаимной индукции на обмотках второй катушки создается наведенный ток с первой. Чем меньше расстояние между обмотками, тем эффективнее их взаимодействие. Схема передачи методом электромагнитной индукции представлена на рисунке 2.

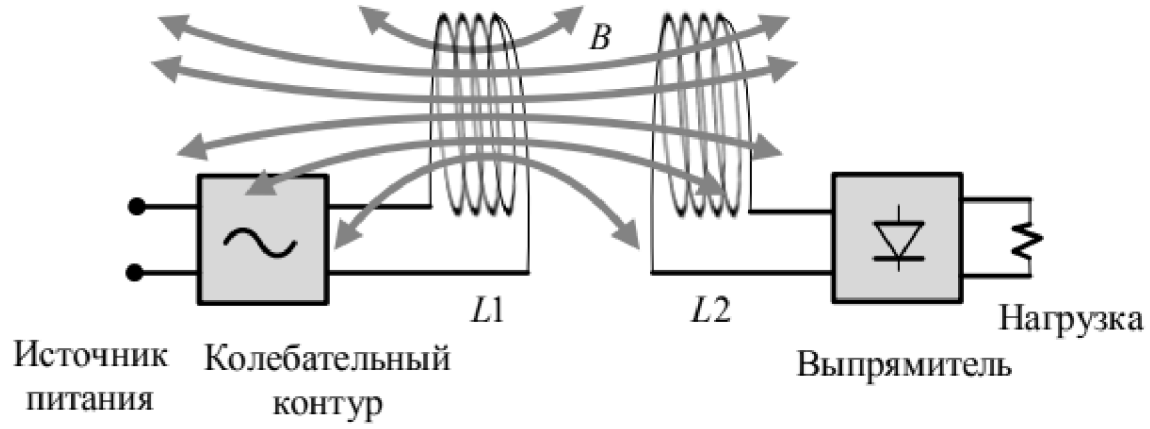


Рис. 2. Схема передачи электроэнергии методом электромагнитной индукции

Пример использования такого метода – трансформатор переменного тока, даже он является устройством беспроводной передачи электрического тока. В наши дни большое распространение получили беспроводные зарядные устройства для телефонов, электрических зубных щеток, медицинских имплантатов и электромобилей.

Еще один метод беспроводной передачи электричества – ультразвуковой метод. Как известно, ультразвук – это продольного вида волны с частотой колебаний выше 20 кГц. Человеческое ухо способно воспринимать звуковые волны частотой не более 20 кГц, поэтому ультразвуковые волны мы не слышим. В наше время ультразвук получил широкое распространения во многих областях, например с его помощью можно осуществить обработку строительных материалов. А не так давно американские ученые смогли передать таким способом электрический ток. Акустические волны в ультразвуковом диапазоне генерировались с помощью передатчика, а преобразование их в обратно в электрический ток производилось с помощью приемника. Главным минусом этого метода является низкий КПД, кроме того, для передачи ультразвуковых волн необходима прямая видимость между передатчиком и приемником. Также стоит отметить малое расстояние работы метода. Но несмотря на все недостатки и малую изученность, метод ультразвуковой передачи электроэнергии является очень перспективным.

Метод электростатической индукции – это метод, в основу которого положен принцип прохождения энергии через диэлектрик. Множеством опытов доказано, что пространство, окружающее какое-либо электрическое тело, является электрическим полем. В этом поле также действуют электрические силы. Такой способ передачи энергии можно еще назвать ёмкостной связью.

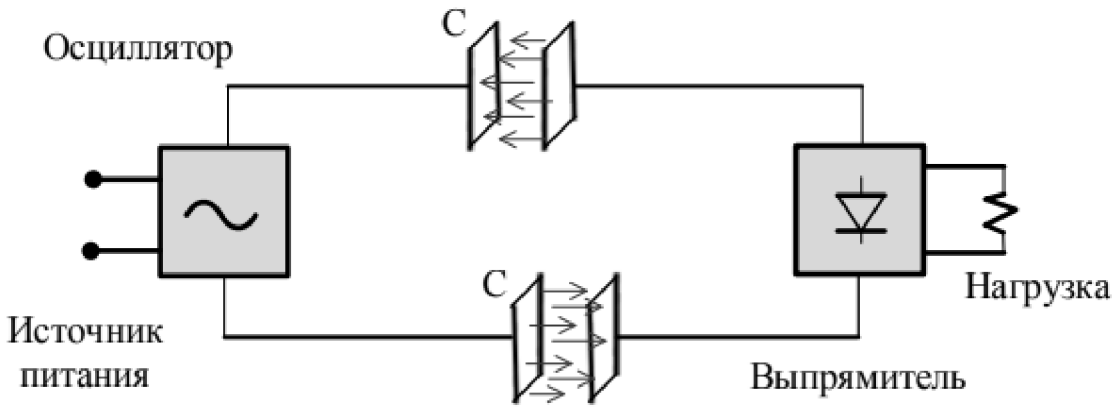


Рис. 3. Схема передачи энергии методом электростатической индукции

Этот метод использовал Никола Тесла на той самой чикагской выставке. Лампа зажигалась от переменного электрического поля высокой частоты и светилась ровно вне зависимости от того, как ее перемещали по помещению.

Метод передачи электричества при помощи микроволн. Ученые выяснили, что длина волн влияет на эффективность передачи энергии: чем меньше длина, тем выше эффективность. Для таких волн атмосфера не является препятствием при распространении, и какой бы плохой ни была погода на улице, максимальная потеря КПД при передаче составит всего 5%.

Для того чтобы преобразовывать электрический ток в микроволны, было изобретено устройство – магнетрон, – которое благодаря своей безопасности, есть практически в каждом доме. Магнетроны используются в микроволновых печах, и его КПД составляет 95 %. Разработка приемника таких волн шла одновременно в Америке и СССР. Америка в своем устройстве, так называемой ректенне – устройствое, обратном излучающей антенне, использовала полупроводники. В 1975 году с помощью ректенны удалось передать электрическую энергию на расстояние более 1 км. Основным минусом ректенны, собранной из множества миниатюрных полупроводников, стали сами полупроводники. При нормальной работе полупроводников реально передать только несколько Вт мощности, а для того, чтобы передавать десятки и сотни кВт пришлось бы создавать приемник гигантских размеров. Также если перегорит один из полупроводников, за ним перегорят и все остальные. СССР же в своих изобретениях использовали ламповые транзисторы, которые, по их мнению, были более надежными, например при воздействии на них радиации или магнитных испульсов. В 70-х годах XX века ученые из Московского государственного университета сконструировали циклотронный преобразователь энер-

гии, основанный на ламповых технологиях. В сравнении с ректенной циклотронный преобразователь имеет меньший КПД, но гораздо более высокую надежность, мощность и стойкость к перегрузкам.

Еще один из перспективных методов передачи энергии – лазер. Такой метод обеспечивает большую дальность действия, но для его работы необходима прямая видимость между приемником и передатчиком.

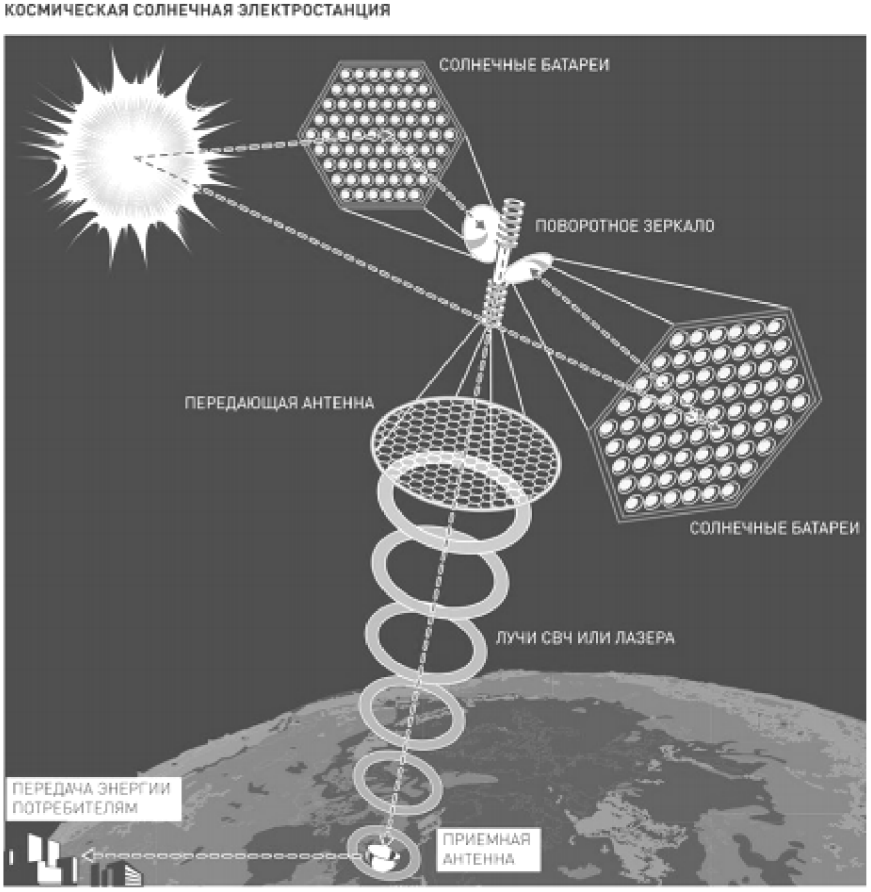


Рис. 4. Схема передачи энергии с помощью лазера

Принцип действия такого метода заключается в том, что лазерный луч, который несет энергетический потенциал, попадет на фотоэлемент приемника, где высокочастотное электромагнитное излучение будет преобразовываться непосредственно в электрический ток.

Но свою перспективность этот метод обрел только в начале XI века, когда появились инфракрасные лазеры с КПД, достигающим 40–50 % (до этого КПД достигал всего лишь 10–20 %), и высокоэффективные фотоэлектрические модули, которые могут преобразовывать в электричество до 70 % энергии, получаемой от излучения. На основе этого метода уже разработаны беспилотные летательные аппараты, которым не нужно совершать посадки, чтобы восполнить заряд.

В завершении хотелось бы сказать, что технологии беспроводной передачи энергии будут развиваться все сильнее и в будущем полностью заменят привычный всем проводной метод. Эта сфера является очень перспективной и

интересной для ученых всего мира. Вопрос только в том, какой метод окажется наиболее действенным.

1. Запасный, А. И. Основы теории цепей : учебное пособие для вузов / А. И. Запасный. – Москва : РИОР, 2006. – 336 с.

2. Тамм, И. Е. Основы теории электричества : учебное пособие для вузов / И. Е. Тамм. – Москва : Физматлит, 2003. – 616 с.

АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ПО МОЛНИЕЗАЩИТЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ НА ПРАКТИКЕ

Е.Д. Рогачёв
Научный руководитель ***В.Е. Мещеряков****, канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время существует большое количество стандартов и нормативов в области молниезащиты. Проблема такого разнообразия в абсолютном противоречии между этими документами.

В данной статье рассмотрим стандарты РД 34.21.122-87, СО-153-34.21.122-2003, ВСП 22-02-07, МЭК 62305 (далее РД, СО, ВСП, МЭК).

Стандарт РД был разработан для построения зон защиты молниеотводов с двумя уровнями надёжности: 0.995 для зоны А и 0.95 для зоны Б.

Стандарт СО был разработан с целью заменить РД. Предполагалось перейти на компьютерные расчёты молниезащиты, поэтому расчёт зон защиты по СО предполагает только зоны защиты равновысоких молниеотводов высотой до 150 метров, так как остальные возможные случаи должны были рассчитываться программным обеспечением. В данный момент СО работает совместно с РД, так как программного обеспечения, удовлетворяющего стандарт СО, предложено не было.

Стандарт ВСП используется для расчёта молниезащиты объектов военной инфраструктуры. Его основу представляют собой результаты экспериментальных исследований схем молниезащиты в длинных искровых промежутках. Тип и высота молниеотводов выбирается в зависимости от параметров защищаемого объекта: длины, ширины, высоты и надёжности молниезащиты. Зона защиты начинается с вершины молниеотвода, угол защиты зависит от площади защищаемого объекта, высота которого не должна превышать 15 м.

В стандарте МЭК расчёт зон защиты производится по трём методам: метод катящейся сферы, метод защитного угла и метод защитной сетки.

В данной статье рассмотрим метод катящейся сферы, предлагаемый стандартом как наиболее подходящий для расчёта зон защиты любой сложно-

сти. Метод основан на электрогеометрической модели, в которой дистанция поражения объекта от лидера молнии связана с током молнии. Зона защиты в данном методе представляется как след от прокатившейся по молниеотводу сферы.

Данный метод не вызывает доверия у российских специалистов по молниезащите, но всё же применяется при условии, что будет обеспечено более жёсткое решение.

В качестве примера будет рассмотрено построение молниезащиты по данным стандартам для одного и двух стержней с высотой 30 метров и надёжностью системы 0.9.

Зона защиты для одного молниеотвода изображена на рисунке 1.

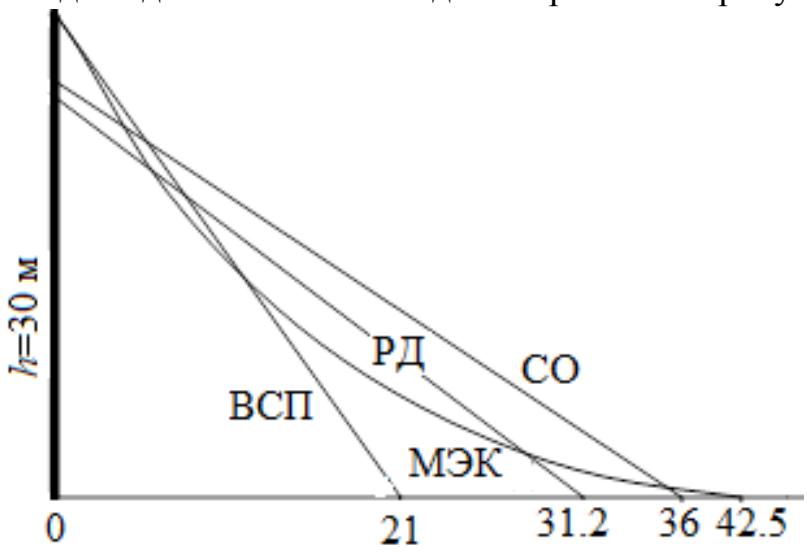


Рис. 1. Зоны защиты одиночного молниеотвода

Из данного рисунка видно, что наиболее жёсткое решение для одиночного молниеотвода предлагает стандарт ВСП. Результат остальных стандартов предлагают решения мягче, при этом видно, что ни один стандарт не совпадает, что подтверждает противоречивость стандартов и необходимость составления одного обобщающего норматива.

Зоны защиты для двойного молниеотвода изображены на рисунке 2.

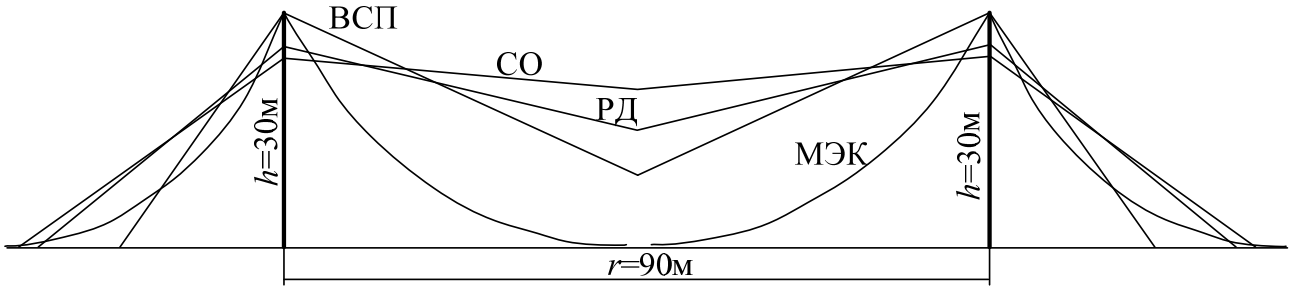


Рис. 2. Зоны защиты двойного молниеотвода

Из рисунка 2 видно, что в российских стандартах (РД, СО, ВСП) зона защиты между молниеотводами шире, чем снаружи, то есть больше угол защиты. Так происходит из-за взаимного влияния молниеотводов.

Так же видно, что стандарт МЭК не учитывает взаимного влияния молниеотводов, а использует объединение зон защиты двух одиночных молниеотводов, вследствие чего зона защиты по МЭК меньше зон защиты по российским стандартам.

Из данных сравнений видно, что наиболее жёсткое решение предлагает стандарт ВСП. Но его можно использовать только при условиях, что объект не выше 20 метров, а молниеотвод не выше 60 метров. Также необходимо учитывать дополнения, выпущенные автором после выхода стандарта.

Проблема использования российских стандартов на практике в том, что они имеют частные случаи построения зон защиты для отдельных молниеотводов.

С этой проблемой относительно справляется стандарт МЭК при использовании метода катящейся сферы, но он не учитывает взаимного влияния молниеотводов, что приводит к сужению зоны защиты и увеличению количества молниеотводов, что соответственно делает молниезащиту существенно затратнее.

Для отражения разницы между стандартами молниезащиты проведём исследование зависимости площади зоны защиты от высоты молниеотвода в разрезе сбоку (рис. 3).

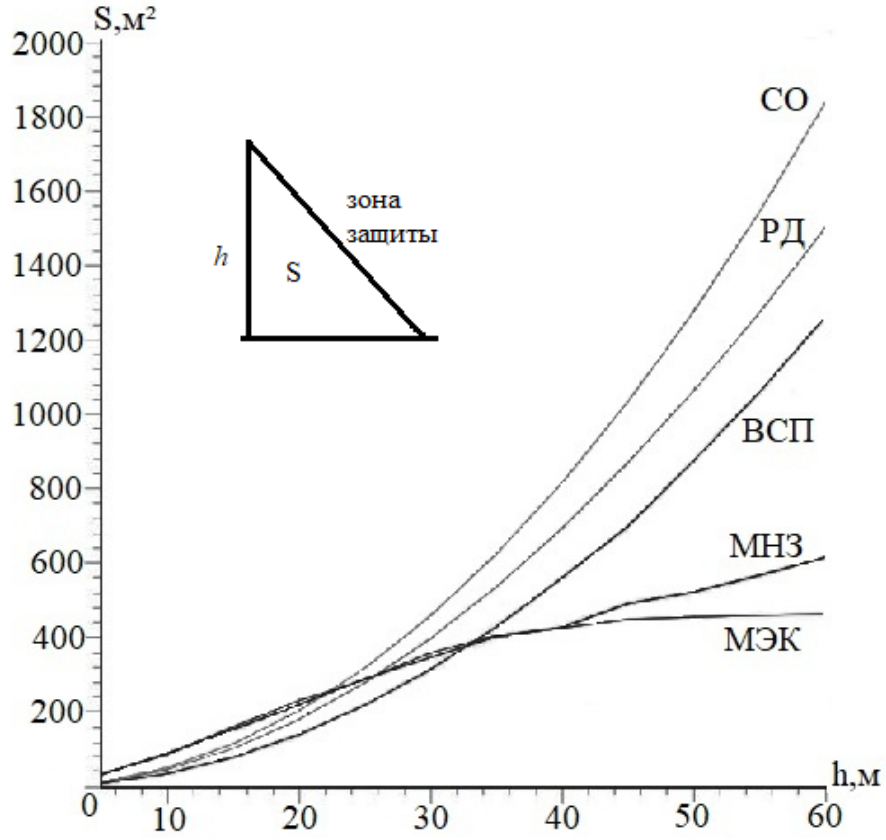


Рис. 3. График зависимости площади зоны защиты от высоты молниеотвода

Можно сделать вывод о существенной разнице между площадями зон защиты. Наименьшую площадь зоны защиты имеют метод катящейся сферы стандарта МЭК и метод наведённого заряда (МНЗ), при этом данные методы имеют колоссальные, по сравнению с другими методами, радиусы защиты.

Площадь стягивания молнии к объекту – параметр, определяющий количество ударов молнии в систему молниеотвод-объект. Для стандарта МЭК радиус стягивания принят как утроенная высота молниеотвода на основе наблюдений за сосредоточенными объектами разной высоты.

Проблема данного параметра в том, что радиус стягивания по МЭК отличается от данных, полученных в других экспериментах. Из других экспериментов следует вывод о том, что радиус стягивания, принятый в МЭК, подходит для молниеотводов высотой 20–30 метров, но не подходит для молниеотводов большей высоты.

По МНЗ площадь стягивания определяется искривлением силовой линии электростатического поля [1]. Чем больше наведенный заряд объекта, тем выше искривление силовой линии, тем больше площадь стягивания молнии (табл.).

Таблица

Площади стягивания

Стандарт	МЭК	МНЗ ($I_м$=30 кА)	МНЗ ($I_м$=100 кА)
Площадь стягивания, $м^2$	36247	23073	48150

Площадь стягивания зависит от рельефа местности и окружения объекта, стандарт МЭК вводит поправочный коэффициент C_d, но он распространяется на частные случаи и не учитывает ряда практических ситуаций. МНЗ позволяет получить зоны защиты и площадь стягивания молнии для любой практической ситуации.

1. Шишигин, С. Л. Расчет площади стягивания молниеотводов методом наведенного заряда / С. Л. Шишигин, В. Е. Мещеряков, Д. С. Шишигин // Электричество. – 2016. – № 6. – С. 10–15.

ЦИФРОВАЯ МЕХАТРОННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПАРАФИНА ИЗ НЕФТИ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Б.Р. Сафиуллин
Научный руководитель ***Р.С. Кашаев****, д-р. техн. наук, профессор*
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань

Целью настоящей работы является разработка структурно-технологической схемы универсальной мехатронной установки и способа удаления примесей (парафина) из нефти с непрерывным проточным контролем и управлением от аппаратно-программного комплекса (АПК) и моделирование скорости вращения ферромагнитного ротора АДФМР, предотвращающее образование цепочек капель воды между электродами, формирующими неоднородное электрическое поле.

Обычно подготовка сырой нефти и водо-нефтяной эмульсии (ВНЭ) на стадиях очистки от основных важных для технологии переработки нефти примесей (воды, солей, парафина и др.) включает в себя операции: термическое воздействие; обработка реагентами; удаление эмульгированной воды (раствора с реагентом) в процессе электрической обработки; отстаивание в ёмкостях. Для этого используются электродегидраторы. Наиболее важной стадией является удаление воды и водного раствора реагентов из ВНЭ. Но в настоящее время процесс на нефтепромыслах не обеспечивает подготовку сырой нефти по ГОСТ Р 51858-2002 и необходима дополнительная очистка нефти на нефтеперерабатывающих заводах. Причина – образование цепочек из капель воды, по которым идет разряд между электродами, снижающий напряженность электрического поля, а также недостаточный контроль физико-химических свойств сырой нефти и ВНЭ в процессе ее подготовки.

Для обезвоживания и обессоливания ВНЭ наибольшее практическое применение в парках подготовки нефти и на нефтеперерабатывающих заводах нашёл способ ее обработки во внешнем переменном электрическом поле напряжённостью E_o = 15−33 кВ, используемый в электрообезвоживающих установках (ЭЛОУ), наиболее продвинутой из которых является установка Швецова с сотрудниками.

Для контроля и управления процессом, исследования по патенту РФ № 2411508 показывают, что из всех известных метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР) является, пожалуй, единственным, способным одновременно контролировать концентрации воды W в ВНЭ, парафина $П$, вязкости η^{20}, плотности ρ^{20} в нефти, а также дисперсность D_{CA} (среднеарифметический диаметр капель воды/раствора реагента), что важно для процессов

очистки. Контроль можно осуществлять с помощью проточного ПМР экспресс-анализатора в составе АПК Козелков и др.

Предложена установка по удалению парафина введением вращающегося магнитного поля (ВМП), создаваемого статорными обмотками АДФМР.

Процесс удаления парафина в установке включает стадии:

1. Входной контроль физико-химических свойств сырья (концентрации парафина П, воды W и плотности $\rho_Н$ нефти) экспресс-методом в проточном АПК 14, 15 путем:

- предварительного измерения эффективных времен спин-спиновой релаксации чистой воды $T_{2в}$ и чистой нефти/нефтепродукта $T_{2н}$ во временном интервале $t = 2N\tau$, где N – число импульсов в последовательности 90^o-τ-[180^o-2τ]$_N$;

- измерении эффективного T_2^* времени релаксации в контролируемой ВНЭ;

- определении влажности нефти по формулам:

$$W_{ПМР} = T_{2В}(T_2^* - T_{2Н})100\% / T_2^*(T_{2В} - T_{2Н}), \quad (1)$$

где число 180^o-х импульсов N выбирается из формулы:

$$N = k3\rho_Н - k4, \quad (2)$$

где $k3$ и $k4$ – коэффициенты, зависящие от месторождения.

Погрешность однократных проточных измерений составляет ± 2.75 %.

2. Снижение W в нефти/нефтепродукте в блоке для удаления воды и разделения фаз во вращающихся магнитном и неоднородных электрических полях.

3. Непрерывный контроль дисперсности в распределении капель раствора в эмульсии методом ЯМР по среднеарифметическому диаметру $D_{СА}$(мкм)=$\sum N_i D_i / \sum N_i$. Исследования показали, что зависимость $D_{СА}$ от времен спин-решеточной $T_{1В}$ релаксации воды с коэффициентом регрессии $R^2 = 0{,}95$ описывается соотношением:

$$D_{СА} = 0{,}1645 \cdot \exp(2{,}85 \cdot T_{1В}). \quad (3)$$

4. Альтернативный контрольный анализ дисперсности осуществляется также на *микроскопе Microscope MC*-300 (*Austria*).

5. Водная фракция смеси, образующаяся в результате реакции при перемешивании в блоке эмульгирования нефти с реагентом, из блока удаляется в блоке при непрерывном ПМР экспресс-контроле концентрации *П* в АПК.

6. Блок также может заменить дистилляционную установку для удаления комплексов *П* при депарафинизации способом.

7. Конечный контроль нефти, нефтепродукта на концентрацию *П* и закачка ее в нефтепровод, либо направление на новый цикл очистки от *П*.

Технические преимущества установки ВНЭ: возможность автоматического многопараметрического ЯМР экспресс-контроля и управления процессом удаления или снижения концентрации *П*, широкий диапазон измерений *П*.

В качестве источника ВМП нами был использован асинхронный двигатель с ферромагнитным ротором (АДФМР). В качестве ротора выступает стальной стержень из мягкой электротехнической стали. В воздушном зазоре δ = 0,1–0,9 мм большинства электрических машин значение магнитной индукции лежит в пределах 0,6–1 Тл с номинальным скольжением s = 0,7–0,9. Но так как нами в качестве машины, создающей ВМП, используется статор АДФМР, его номинальное скольжение находится в пределах s = 0,3–0,4. Ротор в использованном нами двигателе имеет диаметр D = 0,03 м (при диаметре внутренней стороны статора 0,07 м), т.е. зазор равен δ = 0,02 м для возможности размещения конических электродов для создания неоднородных электрических полей. Уменьшение D ведет к снижению индукции магнитного поля B_o между статором и ротором до B_o = 0,74 Тл ввиду обратной пропорциональности B_o величине δ.

Зависимость $B(D)$ может быть описана с коэффициентом корреляции R^2 = 0,996 уравнением:

$$B(\text{Тл}) = 0.5 + 7.6D\ (\text{м}). \qquad (4)$$

Для того, чтобы определить, как скажется изменение диаметра ротора такой машины на скольжении s ферромагнитного ротора (и соответственно на угловой скорости вращения ротора ω_2), воспользуемся уравнением для активного сопротивления ротора из ферромагнитного материала:

$$R = 1.4\cdot 4\cdot m_1 l_1 w_{э1}^2 k_{л,с} \sqrt{[\omega_1 \mu_0 \mu \rho (2s)^{-1}]}/(\pi D)\ , \qquad (5)$$

где m_1 = 3 число фаз обмотки статора, l_1= 0,1 – длина ротора, $w_{э1}$ – эффективное число витков фазы обмотки статора, $k_{л,с}$ – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивления ротора за счет лобовых частей ротора (ротор гладкий, считаем $k_{л,с}$= 1), $\omega_1 = 2\pi n/60 = 6{,}28\cdot 1500/60 = 157$ рад/с – угловая скорость вращения ВМП, магнитная постоянная $\mu_0 = 1{,}257\cdot 10^{-6}$, относительная магнитная проницаемость на поверхности ротора μ = 200, $\rho = 1{,}3\cdot 10^{-7}$ Ом·м – удельное электрическое сопротивление стали.

Уравнение (5) преобразуем к виду, удобному для расчетов скольжения s:

$$s = 5{,}6^2 m_1^2 l_1^2 w_{э1}^2 \omega_1 \mu_0 \mu \rho / 2R^2 \pi^2 D^2 = 7200/D^2. \qquad (6)$$

Рассчитаем значения скольжения s для разных диаметров D ротора. Видно, что с уменьшением D скольжение растет по уравнению (7):

$$s = 3{,}03\cdot \exp(-46{,}3D). \qquad (7)$$

С другой стороны, подставив (4) зависимости $B(D)$ в (7), получим зависимость $s(B)$, которая описывается уравнением:

$$s = 8{,}9\exp(-3{,}52B). \quad (8)$$

Видим, что с ростом B скольжение падает, что физически вполне объяснимо ввиду меньшего запаздывания скорости ω_2 вращения ротора от ω_1.

Анализ динамических свойств АДФМР является достаточно сложной задачей в связи с существенной нелинейностью уравнений, обусловленной наличием произведений переменных. В этой связи, удобную форму математического описания дают уравнения относительно производной потокосцепления:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d\Psi_{1x}}{dt} &= u_{1x} - \frac{R_1 L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1x} + \frac{R_1 L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2x} + \omega_{0\text{эл}}\Psi_{1y};\\
\frac{d\Psi_{1y}}{dt} &= u_{1y} - \frac{R_1 L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1y} + \frac{R_1 L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2y} - \omega_{0\text{эл}}\Psi_{1x};\\
\frac{d\Psi_{2x}}{dt} &= -\frac{R_2' L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2x} + \frac{R_2' L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1x} + (\omega_{0\text{эл}} - \omega_{\text{эл}})\Psi_{2y};\\
\frac{d\Psi_{2y}}{dt} &= -\frac{R_2' L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2y} + \frac{R_2' L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1y} - (\omega_{0\text{эл}} - \omega_{\text{эл}})\Psi_{2x};\\
M &= \frac{p_{\text{п}} L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}(\Psi_{1y}\Psi_{2x} - \Psi_{1x}\Psi_{2y}).
\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

В приведенных уравнениях индексы 1 соответствуют обмотке статора, а индексы 2 – токам в роторе. Структурная схема электромеханического преобразования энергии в АДФМР по (9), реализованная в среде *Mat Lab Simulink*, позволяет проанализировать тенденции изменения выходных координат АДФМР при изменениях диаметра ферромагнитного ротора D.

Данные с максимальным отклонением $\Delta\omega_i = 0{,}06$ рад/с совпадают с известными данными. Видим, что со снижением диаметра ротора снижается и угловая скорость его вращения с $\omega_1 \approx 260$ рад/с до $\omega_2 \approx 75$ рад/с. Переходный процесс идет в колебательном режиме в течение времени $t \approx 8{,}5$ с с размахом, не превышающим ± 2 %.

Выводы:

1. Предложена установка по удалению парафина из сырой нефти воздействием вращающегося магнитного поля, создаваемого статорными обмотками асинхронного двигателя с ферромагнитным ротором и неоднородных электрических (НЭ) полей.

2. Описана структурная схема установки и этапы процесса удаления парафина.

3. Получены уравнения, связывающие скольжение *s* с диаметром *D* ротора АДФМР и магнитной индукцией B_o в зазоре между статором и ротором.

4. По уравнениям относительно производной потокосцепления в *Mat Lab Simulink* составлена структурная схема преобразования энергии в АДФМР.

5. Смоделировано изменение скорости ω_2 вращения ротора АДФМР в зависимости от его диаметра *D*. Наблюдается 3,5-кратное уменьшение ω_2 при уменьшении диаметра *D* ротора с 0,06 м до 0,03 м.

ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПОРЫ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ

И.Н. Смирнов
Научный руководитель ***С.Л. Шишигин****, д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Удар молнии в вершину опоры или грозозащитный трос приводит к возникновению тока. Частично ток через заземлитель стекает в землю, а остальная часть по грозозащитному тросу отправляется в соседние опоры и так же через их заземлители попадает в землю, кроме того, возможно перекрытие изоляции – в этом случае волна перенапряжения полетит к подстанции. Таким образом, для моделирования процесса растекания тока молнии через опоры требуется рассмотреть расчётную модель воздушных линий электропередач, содержащую множество элементов. Каждая опора представляет собой сложную конструкцию, состоящую из множества металлических уголков, поэтому чтобы проводить серию вариантных расчётов необходимо упростить расчётную модель, которая бы обладала такой же частотной характеристикой, что и реальная опора.

Целью настоящей работы является расчёт частотной характеристики стандартной металлической опоры 110–220 кВ и нахождение её упрощённой расчётной модели, обладающей той же частотной характеристикой, что и реальная опора.

Конструкция типовой опоры 110–220 кВ представлена на рисунке 1, роль заземлителя выполняет фундамент, состоящий из плиты и стойки. В качестве расчётной модели будем рассматривать один стержень, диаметр которого подлежит определению.

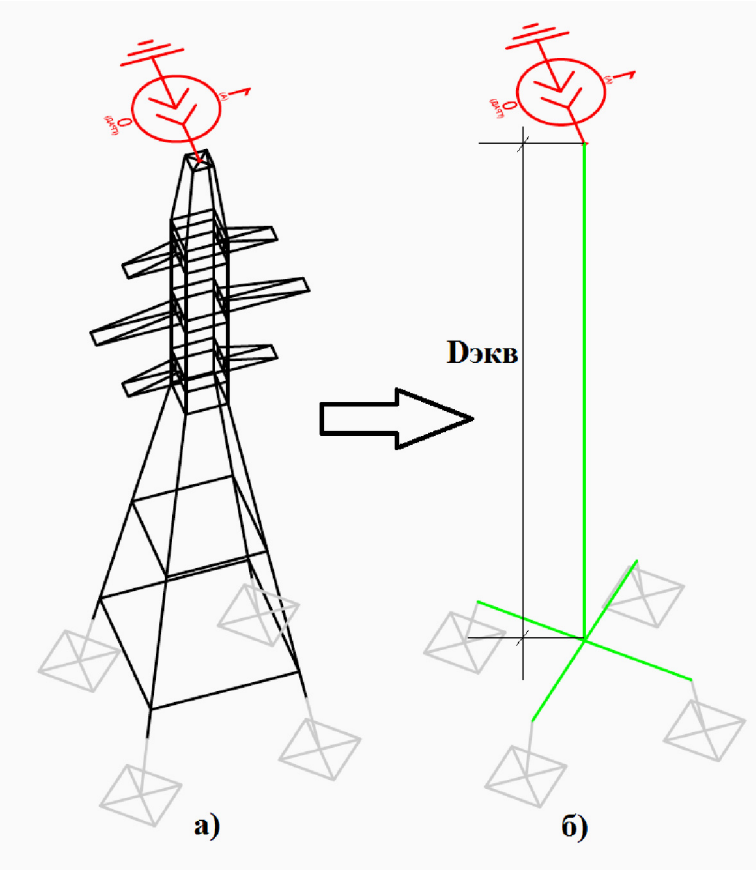


Рис. 1. Типовая опора 110–220 кВ:
а) реальная модель, б) расчётная модель

Расчёт выполним в программе ZYM для классической модели грунта, для грунта с частотно-зависимой электропроводностью по модели Алипио-Висакро и по Мессиру.

Результаты.

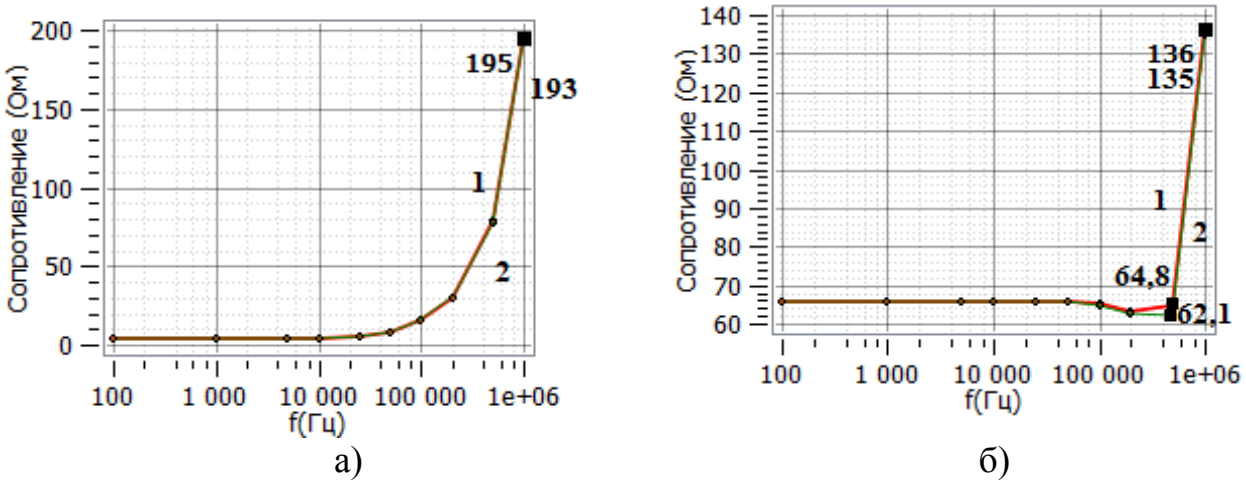


Рис. 2. Частотная характеристика в грунте с удельным сопротивлением для: а) ρ=100 Ом•м, б) ρ=2000 Ом•м

В ходе вариантных расчётов для расчётной модели, представляющей собой стержень, был определён эквивалентный диаметр $D_{экв}$=2200 мм таким образом, что частотная характеристика реальной опоры (рис. 2а, график 1) и расчётной модели (рис. 2а, график 2) совпадают.

Высокоомный грунт обладает частотными свойствами. Современные требования к расчёту заземлителей в высокоомном грунте требуют учёта частотных свойств грунта, [2]. Для такого типа грунта полученная модель так же подходит (рис. 2б).

Результаты расчётов частотной характеристики в грунте с частотно-зависимой электропроводностью представлены на рисунках 2 и 3.

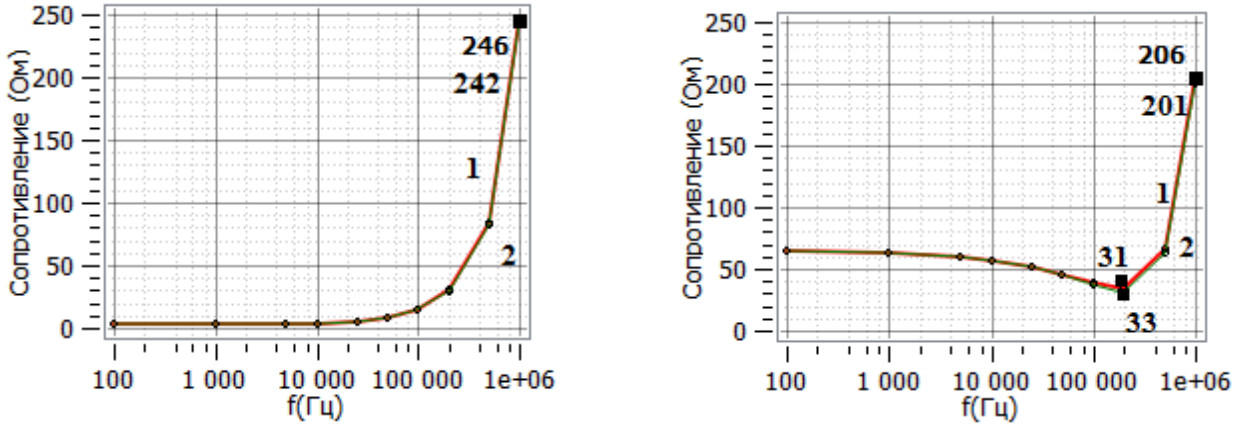


Рис. 3. Частотная характеристика в грунте с частотно-зависимой электропроводностью по модели Мессира для: а) ρ=100 Ом•м, б) ρ=2000 Ом•м

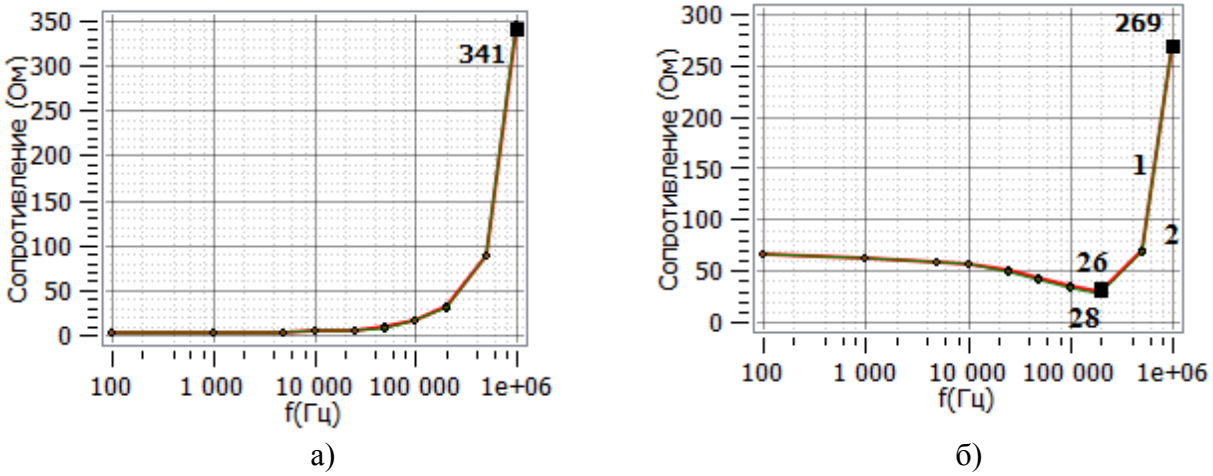


Рис. 4. Частотная характеристика в грунте с частотно-зависимой электропроводностью по модели Алипио-Висакро для: а) ρ=100 Ом•м, б) ρ=2000 Ом•м

Из рисунков 3, 4 можно сделать вывод, что частотная характеристика реальной опоры и упрощенной модели в грунте с частотно-зависимой электропроводностью по модели Алипио-Висакро и Мессира совпадают, имеется

лишь незначительное отличие на частотах 200 кГц и 1 МГц, следовательно, полученную модель можно использовать в расчётах в любых типах грунта.

Вывод: рассчитана частотная характеристика реальной металлической опоры 110–220 кВ и найдена простая расчётная модель, представляющая стержень эквивалентного диаметра с той же частотной характеристикой, которая позволяет существенное упростить моделирование воздушных линий при ударах молнии**.**

1. Шишигин, С. Л. Расчет заземлителей : монография / С. Л. Шишигин, Д. С. Шишигин. – Вологда : ВоГУ, 2020. – 219 с.

2. CIGRE WG C4.33. “Impact of soil-parameter frequency dependence on the response of grounding electrodes and on the lightning performance of electrical systems,” CIGRE Technical Brochure, no.781, Oct. 2019.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕМ СУДОВ

Н.А. Соболев

Научный руководитель ***А.В. Машкин****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В настоящее время рост опасений по поводу экологических проблем и экономии топлива побудили сектор морского транспорта стремиться к низкому уровню выбросов и разработке энергосберегающих и топливно-эффективных систем. Применение частотно-регулируемых приводов для двигательных установок на судах в 1990-х годах позволило совершить прорыв в области энерго-, а следовательно, и топливо-сбережения [1]. Это послужило толчком к развитию концепции гибридных энергетических систем, которые имеют в своем составе как дизельный двигатель для генерации электроэнергии и питания второстепенных потребителей, так и гребной электрический двигатель для движения.

Цель данной работы состоит в том, чтобы выделить основные системы управления электрооборудованием судов для энергосбережения (гибридные энергетические системы) и экономии топлива, рассмотреть их достоинства и недостатки и на их основе выбрать предпочтительную систему для использования на судах.

Существует два типа гибридных энергетических систем: гибридные энергетические системы постоянного тока; гибридные энергетические системы переменного тока (рис. 1).

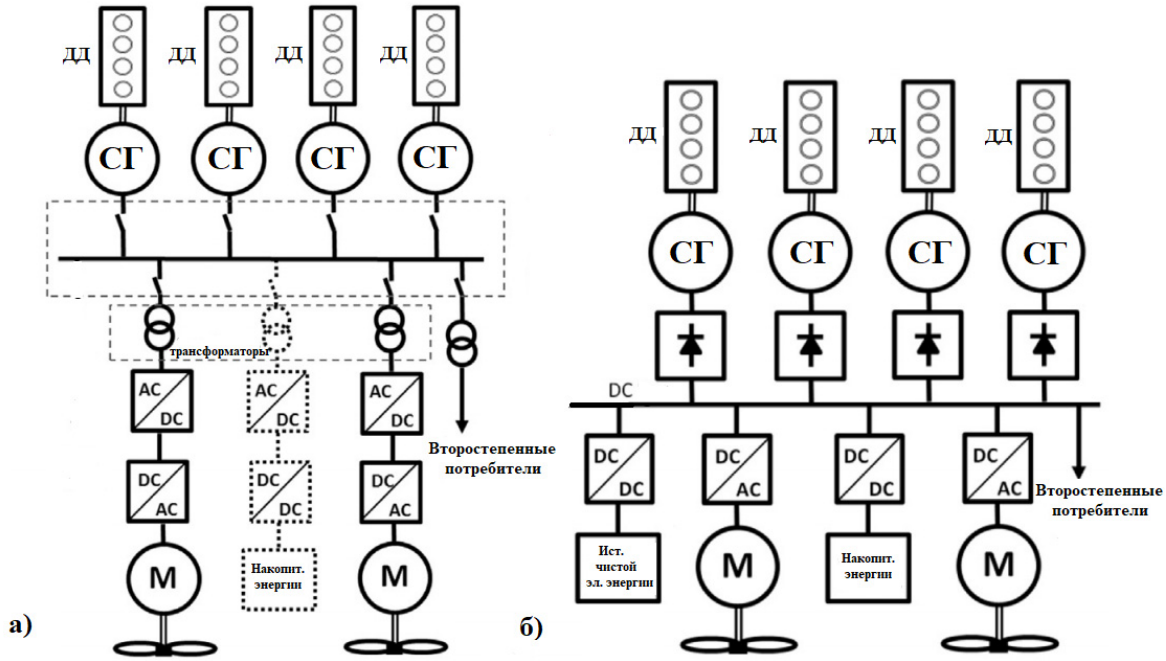


Рис. 1. Гибридные энергетические системы: а) переменного тока; б) постоянного тока

Несмотря на то, что подавляющее большинство современных судов с гибридными системами используют системы распределения переменного тока, применение силовых преобразователей в энергетических системах судов создает преимущество для использования систем распределения постоянного тока. Поводом для перехода от систем распределения переменного тока к постоянным, с одной стороны, служат проблемы, связанные с энергосовместимостью, а с другой стороны, возможность использования накопителей энергии, таких как аккумуляторы и специальные конденсаторы. Также сложность в эксплуатации традиционных гибридных систем переменного тока заключается в необходимости синхронизации генераторов, компенсации реактивной мощности, фильтрации высших гармоник.

Суда с накопителями энергии в гибридных системах постоянного тока нашли применение в природоохранных зонах благодаря таким преимуществам, как:

1) незначительный выброс вредных веществ в атмосферу;
2) хорошие динамические показатели работы;
3) выравнивание нагрузки сети;
4) возможность рекуперации энергии во время торможения судна.

Согласно [3] резерв мощности накопителей энергии для судовых потребителей можно рассчитать исходя из (1):

$$K_{рез}=\frac{\left(\sum P_{ном.ген}-\sum P_{ном.гэд}\right)-\sum P_{потр.макс}}{\sum P_{потр.макс}}\times 100\ \%, \qquad (1)$$

где $P_{ном.ген}$ – номинальная мощность генераторов;

$P_{ном.гэд}$ – номинальная мощность гребных электродвигателей;

$P_{потр.макс}$ – мощность, потребляемая всем электрооборудованием судна.

Рассмотрим схему двунаправленного преобразователя постоянного тока для использования в гибридных системах постоянного тока, изображенного на рисунке 2.

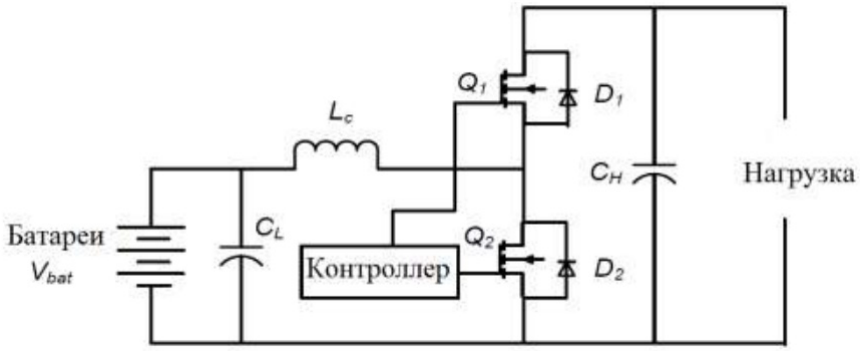


Рис. 2. Двунаправленный преобразователь постоянного тока

В этой схеме работа повышающего преобразователя достигается с помощью модуляции выхода Q2 с использованием параллельного диода D1, выполняющего функцию повышающего диода. При изменении направления потока мощности схема функционирует в качестве понижающего преобразователя посредством модуляции выхода Q1, а диод D2 служит в качестве замедляющего диода.

Данная схема выполняет следующие функции:

1) согласует напряжение аккумулятора с номинальным напряжением двигателя;

2) управляет потоком мощности в переходном и установившемся режимах.

Использование данной схемы в гибридных системах постоянного тока по сравнению с гибридными системами переменного тока раскрывает такие возможности, как снижение сложности системы, экономию энергии за счет рекуперации, стоимости и размера электроэнергетической системы.

1. Zahedi, B. Optimized efficiency of all-electric ships dc hybrid power systems / Zahedi B., Norum L.E. // Journal of Power Sources. – 2014. – № 255. – P. 341–354.

2. Бежик, А. С. Гибридные гребные электроэнергетические установки с системой накопления электроэнергии / А. С. Бежик // Теоретический и практический потенциал современной науки : сборник статей / ответственный редактор А. Х. Цечоева. – Москва, 2019. – С. 98–101.

3. Голубев, К. Г. Методология формирования схемно-технических и конструктивных решений разрабатываемой единой электроэнергетической системы для судов с электродвижением / К. Г. Голубев // Морской вестник. – 2014. – № 1. – С. 49–51.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КОНДУКТИВНЫХ ПОМЕХ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

П.В. Туркин
Научный руководитель ***В.Е. Мещеряков****, канд. техн. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Одной из причин неселективной работы выключателей и выхода из строя систем автоматики и связи на электрических подстанциях (далее ПС) и станциях (далее ЭС) является жесткая электромагнитная обстановка на объекте. Основными источниками воздействий на цепи автоматики и управления являются удары молнии и коммутации на высокой стороне. Устанавливаемая микропроцессорная (далее МП) аппаратура, а также используемая для работы МП устройств вспомогательная аппаратура связи, питания и т.п., должна быть испытана согласно требованиям ГОСТ 51317-6.5-2006. В части устойчивости терминалов защит к кондуктивным помехам выделяют следующие требования:

- не ниже чем по 4-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии (согласно ГОСТ Р 51317.4.5-99) по входам цепей, выходящих за пределы здания (либо 15 % максимального значения импульса, применяемого испытательного напряжения, либо двойного амплитудного значения напряжения сети);
- не ниже чем по 3-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к колебательным затухающим помехам (согласно ГОСТ Р 51317.4.12-99). Данное требование относится к входам аппаратуры, цепи которой уходят за пределы зданий с МП аппаратурой (кроме сигнальных цепей, которые не подключаются к высоковольтному оборудованию);
- по входам цепей, которые подключаются к высоковольтному оборудованию не ниже чем по 4-му классу жесткости испытательных воздействий на устойчивость к наносекундным импульсным помехам (согласно ГОСТ Р 51317.4.4-99).

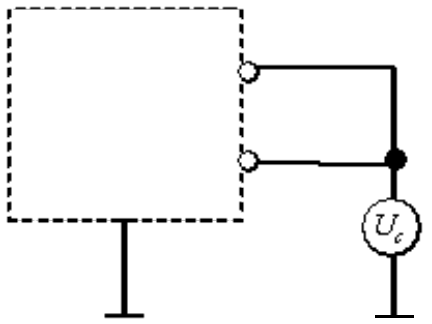


Рис. 1. Схема помехи «провод – земля»

Все кондуктивные помехи делаться на две группы «провод – земля» и «провод – провод».

Помеха «провод – земля» возникает при нештатной ситуации на объекте (короткое замыкание на высокой стороне, прямой удар молнии в объект и т.д.). Рассмотрим механизм распространения помехи (рис. 1).

Результирующая помеха определяется как разница потенциалов в точках заземления экрана кабеля разделенная на коэффициент экранирования (ослабления) *k:*

$$U_k = \frac{U}{k}.$$

Коэффициент экранирования принимает значение k = 6–10 для цепей, имеющих гальваническую связь жилы кабеля с заземляющим устройством и без гальванической связи, соответственно, согласно СТО 56947007-29.240.044-2010.

Проблема в том, что коэффициент k зависит не только от параметров самого экрана, но и точки ввода тока, характеристик заземляющего устройства, трассы прокладки кабельной линии, длины кабеля, наличия шины уравнивания потенциалов, а также является функцией частоты и времени при импульсных процессах. Игнорирование этих параметров приводит погрешностям в расчетах, а проектные решения повышают стоимость объекта.

Рассмотрим физическую и математическую модель кабеля (рис. 2). При вводе тока в точку А (рис. 2а) происходит повышение потенциала относительно удаленной земли (точка В). В случае изолированного экрана от заземлителя или одностороннем заземлении экрана это напряжение будет приложено к экрану – результирующая помеха U.

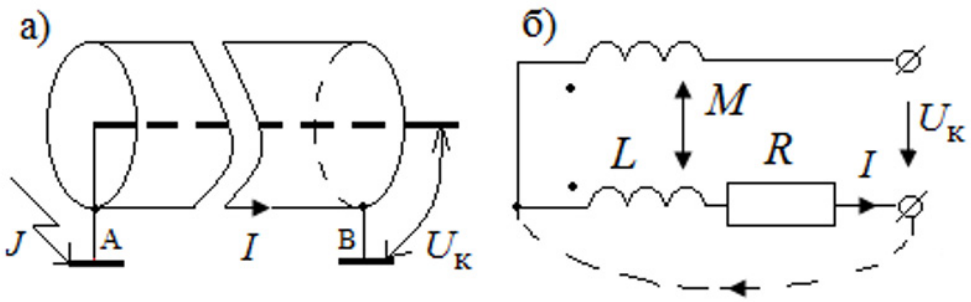


Рис. 2. Физическая модель (а) и схема замещения (б) кабеля

При первом ударе молнии (эквивалентная частота f=25 кГц) можно пренебречь ёмкостными связями и рассмотреть RL-схему замещения (рис. 2б). Напряжение жила-экран определим по закону Кирхгофа:

$$U_k = I \cdot R + j\omega \cdot (L - M) \cdot I,$$

где I – ток экрана, R – активное сопротивление экрана, ω – угловая частота, M – взаимная индуктивность, L – индуктивность экрана.

Преобразуем схему из условия L=M:

$$U = R_0 \cdot l \cdot I,$$

где R_0 – сопротивление экрана (погонное), l – длина кабеля.

Поскольку сопротивление и длина кабеля известны, то задача сводится к отысканию тока экрана [1]. Напряжении помехи будет равно току экрана, если ввести эквивалентный ток:

$$I_э = R_0 \cdot l \cdot I_м,$$

где $I_м$ – ток молнии (100 кА согласно МЭК).

Данный подход позволяет значительно сократить трудоемкость расчета, поскольку трехмерную модель кабеля можно заменить эквивалентным стержнем.

Выполним серию расчетов напряжения помехи для качественного и количественного сравнения различных методов (рис. 3).

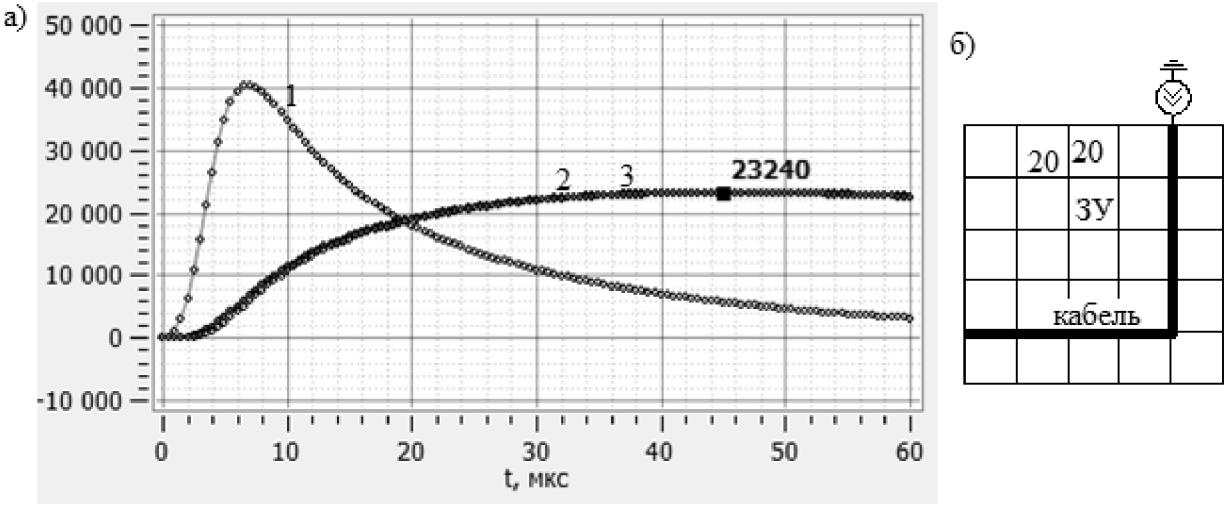


Рис. 3. Результаты расчета напряжения помехи (а) и расчетная модель (б): 1 – расчет по стандарту СТО (k=6); 2 – расчет по трехмерной модели кабеля; 3 – расчёт по эквивалентному току

Расчет по трехмерной модели кабеля и эквивалентному току совпали, что говорит о высокой корреляция методов расчета. Расчёт с использованием коэффициента ослабления даёт результирующую помеху в два раза больше.

Вывод: развитые технологии сегодняшнего дня позволяют проводить имитационное моделирование кондуктивных помех с высокой точностью. Использование эмпирических методик приводит к необоснованным и затратным решениям по защите цепей управления и автоматики. Совершенствование и развитие методов снижения кондуктивных помех является ключевой задачей в области электромагнитной совместимости объектов электроэнергетики.

1. Шишигин, С. Л. Математические модели и методы в задачах заземления и ЭМС / С. Л. Шишигин, В. Е. Мещеряков, Д. С. Шишигин // IV Международная конференция по молниезащите : сборник докладов. – Санкт-Петербург, 2014. – С.128–135.

ВЛИЯНИЕ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА НА КОЭФФИЦИЕНТ НЕСИММЕТРИИ

Д.Н. Филимонов
Научный руководитель ***Н.В. Савина****, д-р техн. наук, профессор*
Амурский государственный университет
г. Благовещенск

Цель работы – найти схемное решение, обеспечивающее минимальную токовую несимметрию.

Задачи – проанализировать основные схемы соединения обмоток трансформаторов на тяговых подстанциях и исследовать влияние схем соединения обмоток на коэффициент несимметрии в тяговых сетях.

1) Однофазный и двухфазный трансформатор.

Однофазные и двухфазные трансформаторы используются в качестве обычной системы тягового электроснабжения в железных дорогах.

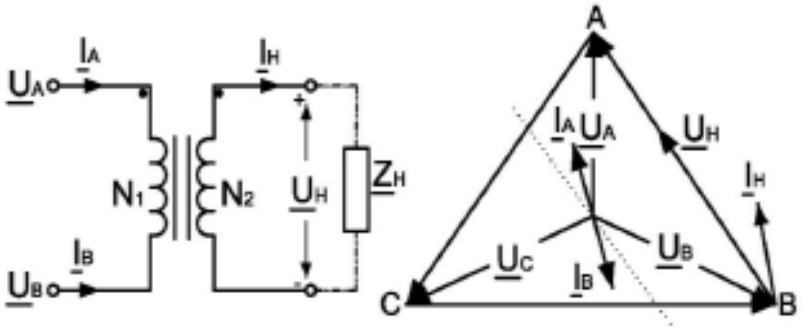


Рис. 1. Схема соединения и векторная диаграмма трансформатора

Поскольку мощность выводится только из двух фаз, это может привести к довольно большой несимметрии напряжения в системе питания [3].

2) Трансформатор с соединением открытый треугольник (V/V).

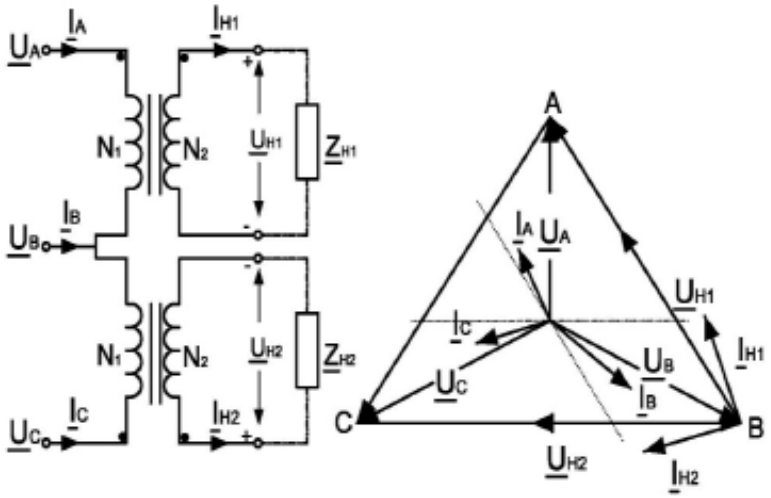


Рис. 2. Трансформатор, соединенный по схеме «открытый треугольник» и его векторная диаграмма

Схемой открытого треугольника называется схема, в которой конец обмотки одной фазы соединяется с началом обмотки другой, но при этом отсут-

ствует одна из фаз. Такое соединение создает несимметричную систему фазных токов в ЛЭП при разных соотношениях токов плеч. Наименьшая несимметрия получается при одинаковых загрузках плеч питания [5].

3) Трансформатор с соединением звезда/треугольник (Y/Δ).

В России наибольшее распространение получило питание тяговой сети переменного тока от трехфазных трансформаторов со схемой соединения обмоток Y/Δ-11. Применение таких трансформаторов позволяет питать и нетяговые потребители [5].

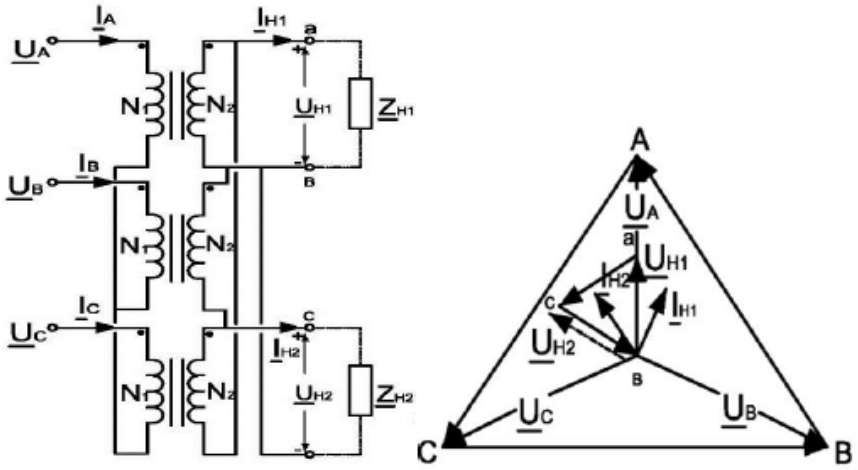


Рис. 3. Трансформатор с соединением Y/Δ и его векторная диаграмма

При несимметричной системе фазных токов $I_A \neq I_B \neq I_C$ и несимметричных угловых сдвигов фазных токов относительно соответствующих напряжений активные, реактивные и полные значения токов и мощностей по фазам трансформатора и ЛЭП несимметричны [5].

4) Трансформатор Скотта.

Трансформатор Скотта является одним из наиболее известных типов трансформаторов, используемых с целью снижения несимметрии напряжения [2, 3]. Он состоит из двух однофазных трансформаторов, соединенных способом, указанным на рисунке ниже.

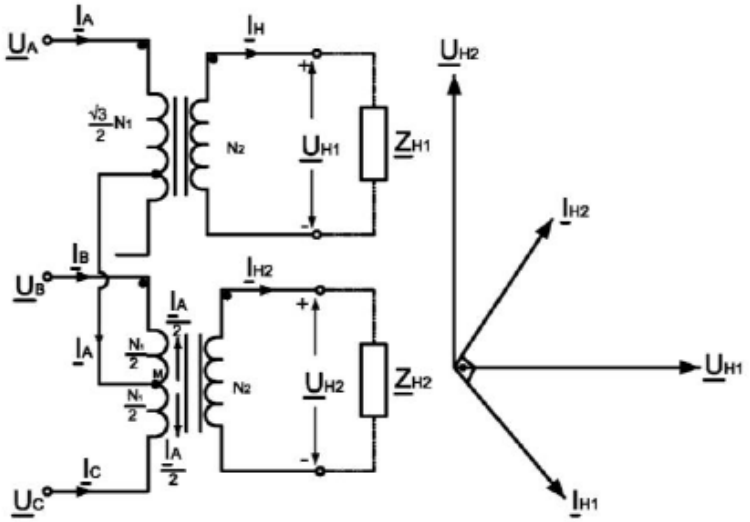


Рис. 4. Схема соединения трансформатора Скотта и его векторная диаграмма

Трансформатор Скотта может преобразовывать симметричную трехфазную систему в симметричную двухфазную систему и наоборот. Если две нагрузки на вторичной стороне равны, то линейные токи, выведенные из трехфазной сети, также будут симметричными [4].

5) Трансформатор Ле Бланка.

Трансформатор Ле Бланка аналогичен по принципу работы трансформатору Скотта, основное различие между трансформаторами – это число сердечников, используемых для обмоток. Трансформатор Ле Бланка построен на трех стержнях, в отличие от трансформатора Скотта.

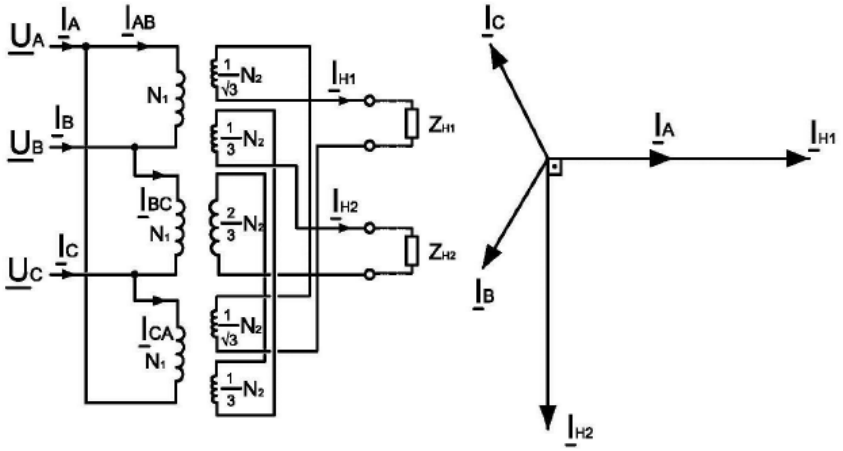


Рис. 5. Схема соединения трансформатора Ле Бланка и его векторная диаграмма

В таблице 1 приведены формулы для оценки симметрирующих способностей трансформаторных схем соединения.

Таблица 1

Коэффициент несимметрии при различных схемах тягового электроснабжения [1]

Схема соединения трансформатора	Коэффициент несимметрии по напряжению, %
Одна фаза	$K_{2U} = \frac{S_{1\phi}}{S_{кз(3\phi)}} \cdot 100$
Скотт ЛеБланк	$K_{2U} = \lvert 1 - 2 \cdot \kappa_з \rvert \cdot \left\lvert \frac{S_{1\phi}}{S_{кз(3\phi)}} \right\rvert \cdot 100$
V/V Y/Δ Δ/Δ	$K_{2U} = \sqrt{3\kappa_з^{\,2} - 3\kappa_з + 1} \cdot \left\lvert \frac{S_{1\phi}}{S_{кз(3\phi)}} \right\rvert \cdot 100$

Коэффициент несимметрии зависит не только от соотношения токов в плечах обмотки на низкой стороне, но также от отношения мощности однофазной нагрузки к полной мощности трехфазного короткого замыкания.

Коэффициент $\kappa_з$ находится в пределах $0 \le \kappa_з \le 1$ и определяет разницу соединения трансформаторов (табл. 2) [1].

Таблица 2

Изменение коэффициента несимметрии в зависимости от загрузки двух плеч трансформатора

Коэффициент загрузки	Трансформатор Скотта	Трехфазный трансформатор
$\kappa_з$	$\lvert 1-2\cdot\kappa_з\rvert$	$\sqrt{3\kappa_з^{\,2}-3\kappa_з+1}$
0	1	1
0,1	0,8	0,85
0,2	0,6	0,72
0,3	0,4	0,61
0,4	0,2	0,53
0,5	0	0,50
0,6	0,2	0,53
0,7	0,4	0,61
0,8	0,6	0,72
0,9	0,8	0,85
1	1	1

Проведя исследование различных схем подключения обмоток трансформатора на тяговых подстанциях можно прийти к выводу, что трансформаторы Скотта и Ле Бланка лучше подходит для несимметричной нагрузки тяговых сетей, так как эти преобразователи обладают нулевой несимметрией по току при равномерной загрузке двухфазной сети, но при условии равной мощности на вторичных обмотках трансформаторного преобразователя. Трансформаторы Скотта практически не применяются в российских электрифицированных железных дорогах, потому что от таких трансформаторов возможно питание только тяговой нагрузки, а для электроснабжения нетяговой нагрузки требуется установка отдельных трансформаторов [1].

1. Бумцэнд, У. Развитие и оптимизация режимов электроэнергетической системы при электрификации железнодорожной магистрали: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бумцэнд Уянгасайхан. – Новосибирск, 2018. – 186 с.

2. Ворфоломеев, Г. Н. Преобразование числа фаз в электроэнергетике / Г. Н. Варфоломеев. – Новосибирск : НГТУ, 1996. – 96 с.

3. Закарюкин, В. П. Электроснабжение электрифицированных железных дорог переменного тока : лабораторный практикум / В. П. Закарюкин. – Иркутск : ИрГПУС, 2014. – 66 с.

4. Применение трансформаторов Скотта на тяговых подстанциях электрических железных дорог / Г. Н. Ворфоломеев, С. А. Евдокимов, П. В. Морозов, В. И. Сопов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – № 6. – С. 273–276.

5. Игнатенко, И. В. Электроснабжение железных дорог : учебное пособие : в 2 частях / И. В. Игнатенко. – Хабаровск : ДВГУПС. – Ч. 1.

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС В МАНЕВРЕННЫХ РЕЖИМАХ

И.С. Худяков
Научный руководитель ***Г.Н. Власичев****, д-р техн. наук, профессор*
Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева
г. Нижний Новгород

Нарушение баланса между производимой и потребляемой мощностью в энергосети ведет к отклонению частоты тока относительно номинального значения 50 Гц (нормальное отклонение частоты переменного тока в электросети в соответствии с ГОСТ 32144-2013 составляет ±0,2 Гц, а предельно допустимое ±0,4 Гц). Если потребляемая мощность становится больше производимой, частота тока в сети уменьшается. Это обусловлено тем, что снижение потребляемой мощности приводит к уменьшению токов в обмотке статора генератора и, как следствие, приводит к снижению электромагнитного момента на валу ротора генератора. А это ввиду большого механического момента на валу турбины приведет к увеличению скорости вращения ротора, в результате чего при нерегулируемой турбине частота тока генератора будет расти. При регулировании турбины сработает атематический регулятор скорости (АРС) и скорость будет поддерживаться на постоянном значении путем уменьшения расхода рабочего тела через турбину. Соответственно снижение производимой активной мощности приводит к уменьшению частоты и напряжения в сети. Для устойчивой работы энергосети необходимо поддерживать стандартную частоту, т.е. регулировать нагрузку энергосети – поддерживать баланс производимой и потребляемой мощности, что делается в основном за счет изменения мощности входящих в энергосеть энергоблоков. Для конкретного энергоблока это осуществляется путем изменения расхода или параметров рабочего тела через турбину. Режимы изменения мощности энергоблока с целью регулирования нагрузки энергосети называются маневренными режимами.

Рассматривая маневренные режимы, необходимо учитывать принципиальное различие между случайными и плановыми изменениями нагрузки энергосети.

Случайные изменения нагрузки энергосети происходят в результате отключений, подключений или изменений режимов работы множества маломощных бытовых потребителей, а также в результате аварийных отключений крупных потребителей или производителей электроэнергии. Компенсация случайных изменений нагрузки энергосети обеспечивается изменением мощности энергоблоков в автоматическом режиме (под действием АРС), который называется режимом первичного регулирования частоты (ПРЧ).

ПРЧ стабилизирует частоту тока на уровне, который может отличаться от номинального значения. При необходимости восстановление номинального значения частоты тока и восстановление исходной мощности энергоблоков, изменивших нагрузку в режиме ПРЧ, обеспечивается за счет изменения мощности других специально выделенных для этой цели энергоблоков. Этот процесс называется вторичным регулированием частоты. Вторичное регулирование может осуществляться как автоматически – по сигналам центрального регулятора энергосети, так и вручную – оператором энергоблока по заданию, согласованному с диспетчером энергосети.

К плановым изменениям нагрузки энергосети относятся заранее предусмотренные изменения, в том числе связанные с суточными, недельными и сезонным изменениями потребления электроэнергии, а также с запланированными изменениями в работе крупных потребителей или производителей электроэнергии. Плановое изменение мощности энергоблока с целью регулирования нагрузки энергосети называется режимом следования за нагрузкой.

Все перечисленные плановые изменения мощности, кроме суточного графика нагрузки, представляют собой единичные изолированные во времени маневры мощности, допустимые при работе АЭС в базовом режиме. Работа в суточном графике является для энергоблока АЭС, в силу специфики управления реактором, наиболее проблемным режимом следования за нагрузкой.

Рассматривая энергоблоки АЭС с реакторами типа ВВЭР, стоит отметить, что энергоблоки с ВВЭР‑440 изначально конструировались в значительной степени консервативно по отношении к основным параметрам и системам. Помимо этого, реакторы ВВЭР‑440 отличаются от ВВЭР‑1000 (и, следовательно, от ВВЭР-1200) существенно более низкой напряженностью активной зоны, что заметно облегчает реализацию процессов снижения и подъема мощности.

В результате опыт эксплуатации АЭС с ВВЭР‑440 позволил существенно оптимизировать эксплуатационные режимы и провести модернизацию большинства действующих энергоблоков с такими реакторами. Наиболее ярким примером может служить финская АЭС «Ловииса», на которой в настоящее время успешно эксплуатируются два энергоблока с форсированными реакторами типа ВВЭР‑440 электрической мощностью по 520 МВт, способные работать в режиме следования за нагрузкой в довольно широком диапазоне от 50 до 100 %.

Что касается работы энергоблока с ВВЭР-1000, то испытания работы блока в режиме следования за нагрузкой проводились на различных АЭС, начиная с 1998 г. Например, подобные испытания проводились на пятом блоке Запорожской АЭС (1998 г.) [1]. Особенность этого эксперимента заключается в том, что впервые были опробованы принцип локализации ксеноновых процессов и мягкое температурное регулирование, за счет этого управление реакто-

ром осуществлялось без увеличения количества выводимого из первого контура радиоактивного теплоносителя. Также стоит привести в качестве примера экспериментальной практики данные о работе реактора в суточном графике нагрузки 100-40-100 % в ходе испытаний на первом блоке Тяньваньской АЭС (2006 г.) [2]. В 2016–2018 испытания маневренных режимов проводились на двух энергоблоках ВВЭР-1200 Нововоронежской и Ленинградской АЭС. Также стоит отметить, что энергоблоки с ВВЭР-1200, проектирующиеся на данный момент, имеют контрактные требования к возможности работы в маневренном режиме.

1. Испытания маневренности ВВЭР-1000 на 5-ом блоке Запорожской АЭС / Филимонов П. Е., Аверьянова С. П., Олейник С. Г. [и др.]/ Атомная энергия. –1998. – Т. 85, вып. 5.

2. Испытание усовершенствованных алгоритмов управления энерговыделением ВВЭР-1000 в условиях маневренных режимов на Тяньваньской АЭС (Китай) / Аверьянова С. П., Косоуров К .Б., Семченков Ю. М. [и др.] / Атомная Энергия. – 2007. – Т. 103, вып. 5.

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОВОДОСНАБЖЕНИЯ, ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ»

РАСЧЁТ СРЕДСТВ БОРЬБЫ С ГИДРОУДАРОМ В ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЕ

В.И. Ануфриев, Д.А. Никандров
Научный руководитель ***Д.В. Быков****, канд. техн. наук*
Военно-морской политехнический институт
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»
г. Пушкин

В статье представлен экспериментальный стенд для определения параметров гидроудара и испытания устройств гашения ударных скачков давления, созданный для проведения исследований, посвящённых вопросу поиска эффективных способов расчёта гидроудара и защиты корабельных трубопроводов.

В Российской Федерации общая протяженность подземных нефте-, водо- и газопроводов составляет около 17 миллионов километров, при этом из-за постоянных интенсивных волновых (колебаний давления, гидроударов) и вибрационных процессов, участки этих коммуникаций приходится постоянно ремонтировать и полностью заменять. При общей динамике аварийности, по оценкам экспертов, причинами разрыва трубопроводов являются:

- 60 % случаев – гидроудары, перепады давления и вибрации;
- 25 % – коррозионные процессы;
- 15 % – природные явления;

В течение всего срока эксплуатации трубопроводы испытывают динамические нагрузки (пульсации давления и связанные с ними вибрации, гидроудары и т.д.) [2]. В настоящее время для борьбы с пульсациями и колебаниями давления и расхода в трубопроводных системах используют воздушные колпаки, аккумуляторы давления, гасители различных типов, ресиверы, дроссельные шайбы, клапаны сброса, стабилизаторы давления и т.п. [3].

Основной общий недостаток подобных устройств – низкое быстродействие (вследствие высокой инерционности груза, характеристик деформации пружины, политропности процесса сжатия воздуха и т.д.). Указанное обстоятельство не позволяет на практике качественно противодействовать гидроудару, т.к. скорость распространения ударного фронта равна скорости распространения упругих колебаний в среде (т.е. скорости звука), что для воды составляет порядка 1400 м/с [1].

Современный подход к расчёту гидроудара – это разработка программных средств определения режимных характеристик и нестационарных гидродинамических процессов в трубопроводных системах [4].

Основной недостаток существующих компьютерных программ расчёта гидроудара – это отсутствие эксперимента, подтверждающего его достоверность.

На основании изложенного выше на кафедре паровых турбин Военного института (военно-морского политехнического) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» создан экспериментальный стенд для определения параметров гидроудара и испытания устройств гашения ударных скачков давления (рис. 1).

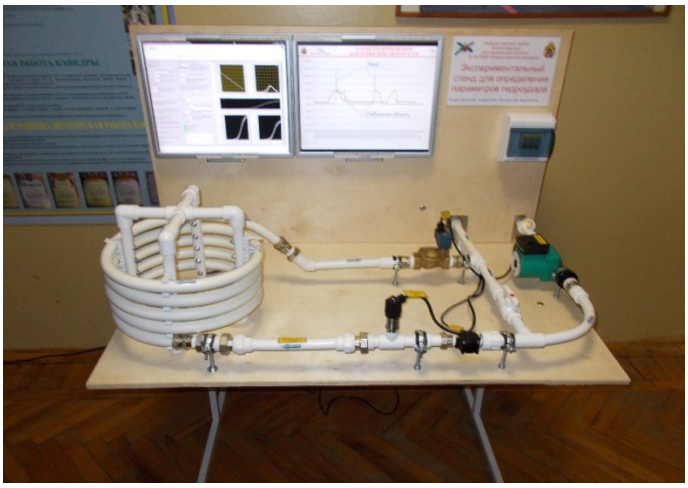
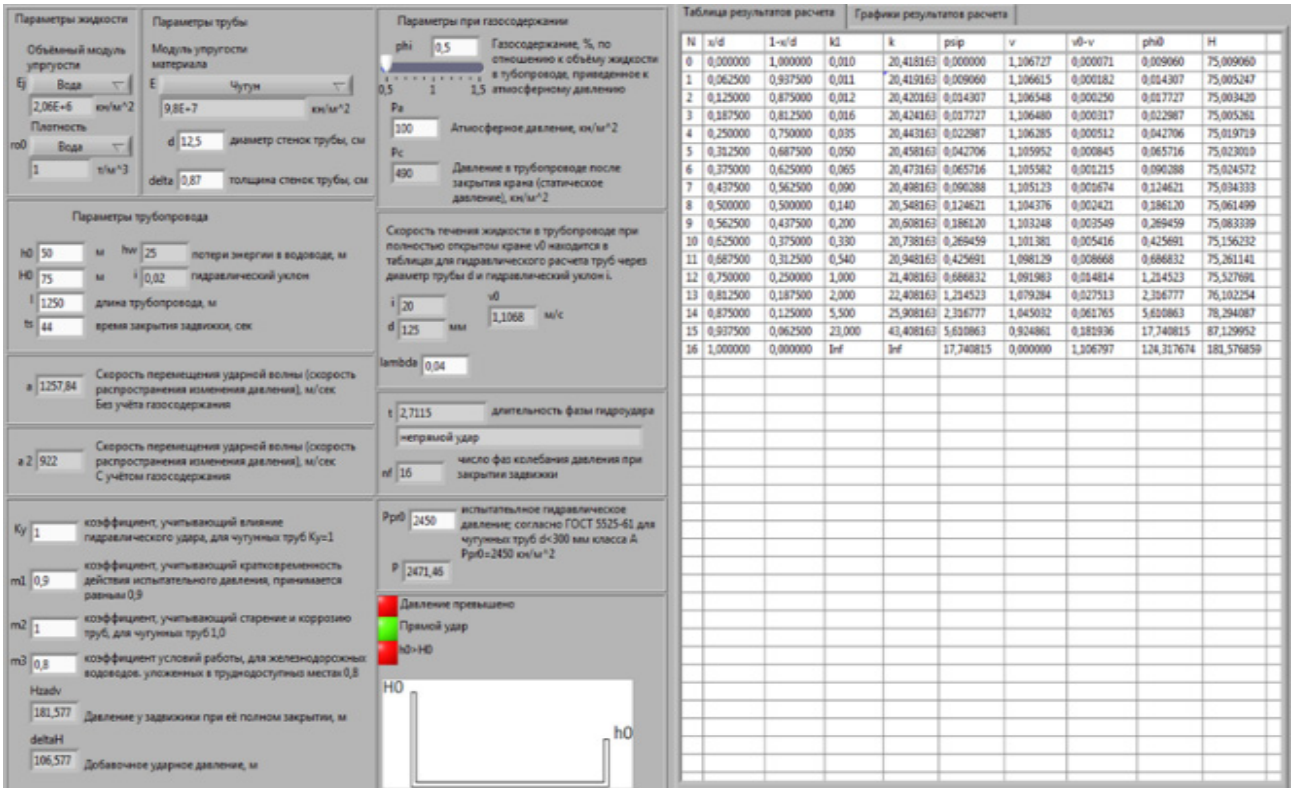


Рис. 1. Экспериментальный стенд определения параметров гидроудара и испытания устройств гашения ударных скачков давления



N	x/d	1-x/d	k1	k	psip	v	v0-v	phi0	H
0	0,000000	1,000000	0,010	20,418163	0,000000	1,106727	0,000071	0,009060	75,009060
1	0,062500	0,937500	0,011	20,419163	0,009060	1,106615	0,000182	0,014307	75,005247
2	0,125000	0,875000	0,012	20,420163	0,014307	1,106548	0,000250	0,017727	75,003420
3	0,187500	0,812500	0,016	20,424163	0,017727	1,106480	0,000317	0,022987	75,005261
4	0,250000	0,750000	0,035	20,443163	0,022987	1,106285	0,000512	0,042706	75,019719
5	0,312500	0,687500	0,050	20,458163	0,042706	1,105952	0,000845	0,065716	75,023010
6	0,375000	0,625000	0,065	20,473163	0,065716	1,105582	0,001215	0,090288	75,024572
7	0,437500	0,562500	0,090	20,498163	0,090288	1,105123	0,001674	0,124621	75,034333
8	0,500000	0,500000	0,140	20,548163	0,124621	1,104376	0,002421	0,186120	75,061499
9	0,562500	0,437500	0,200	20,608163	0,186120	1,103248	0,003549	0,269459	75,083339
10	0,625000	0,375000	0,330	20,738163	0,269459	1,101381	0,005416	0,425691	75,156232
11	0,687500	0,312500	0,540	20,948163	0,425691	1,098129	0,008668	0,686832	75,261141
12	0,750000	0,250000	1,000	21,408163	0,686832	1,091983	0,014814	1,214523	75,527691
13	0,812500	0,187500	2,000	22,408163	1,214523	1,079284	0,027513	2,356777	76,102254
14	0,875000	0,125000	5,500	25,908163	2,356777	1,045032	0,061765	5,610863	78,294087
15	0,937500	0,062500	23,000	43,408163	5,610863	0,924861	0,181936	17,740815	87,129952
16	1,000000	0,000000	Inf	Inf	17,740815	0,000000	1,106797	124,317674	181,576859

Рис. 2. Интерфейс пользователя программы для расчета гидроудара

Экспериментальный стенд определения параметров гидроудара и испытания устройств гашения ударных скачков давления можно условно разделить на две составляющие:

– расчётная часть;

– гидравлическая часть.

Программа расчёта оформлена в виде отдельного приложения, написанного с помощью пакета графического программирования LabVIEW.

На основании полученных расчётных данных программа строит графики (рис. 3):

– зависимость давления у задвижки в метрах столба жидкости от фазы гидроудара;

– зависимость прямой волны понижения давления от степени закрытия задвижки;

– зависимость обратной волны повышения давления от степени закрытия задвижки.

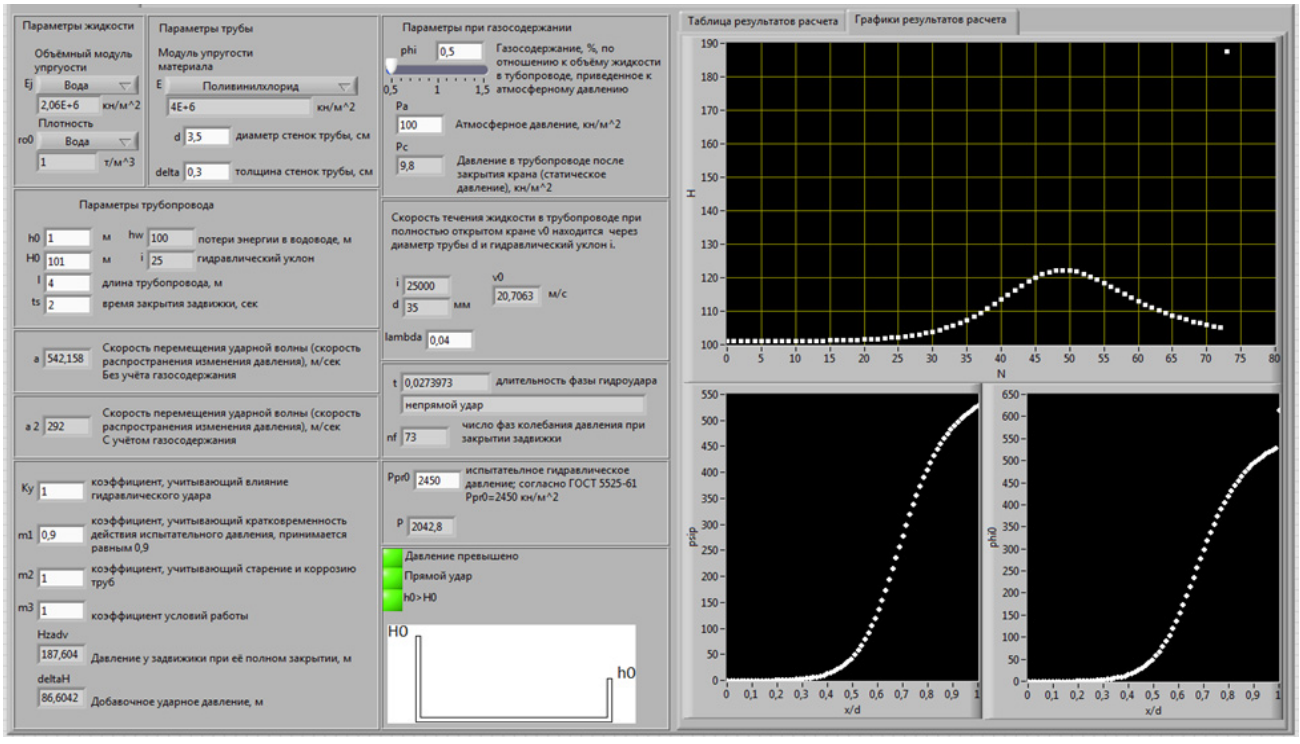


Рис. 3. Получаемые графики основных зависимостей

Второй экран предназначен для снятия параметров в контуре:

– расход воды по контуру циркуляции;

– давление в контуре, возникающее при изменении режимов работы системы (закрытие/открытие быстрозапорной арматуры, изменение режима работы насоса).

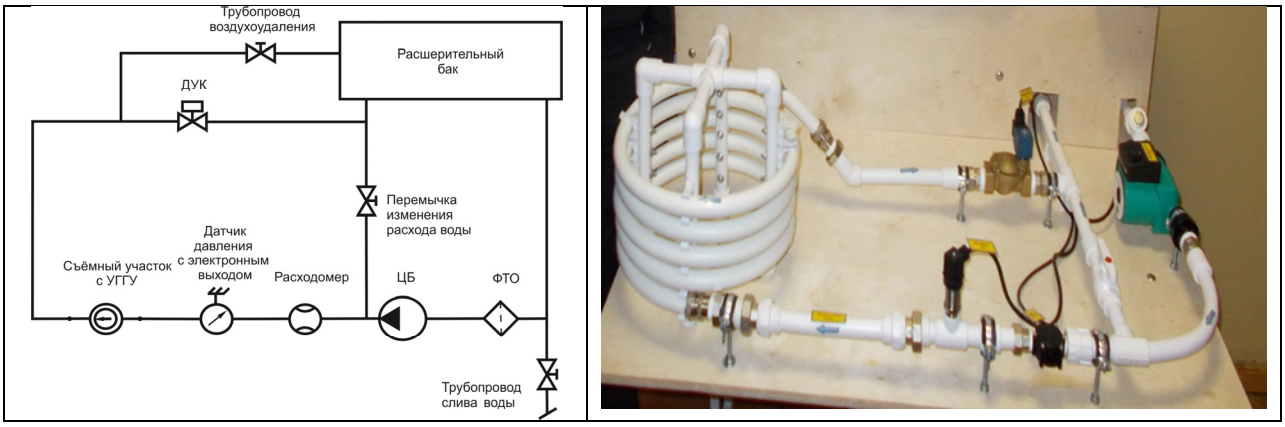
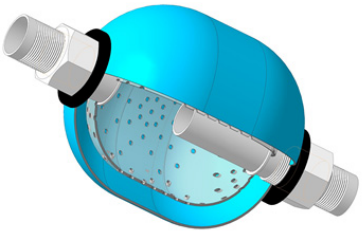


Рис. 4. Экспериментальный стенд для определения параметров гидроудара и испытания устройств гашения ударных скачков давления (гидравлическая схема и общий вид)

Гидравлическая часть представляет собой водопроводную систему (рис. 4), которая состоит из расширительного бака, фильтра тонкой очистки, центробежного насоса, расходомера, преобразователя давления; съемного участка (для установки и испытания глушителя гидроудара), дистанционного быстрозапорного клапана.

На основании вышеприведённого, кафедрой паровых турбин ВМПИ разработан и испытан УГГУ (универсальный гаситель гидроудара), который опробован на экспериментальном стенде для определения параметров гидроудара и испытания устройств гашения ударных скачков давления и показал свою эффективность (рис. 5).



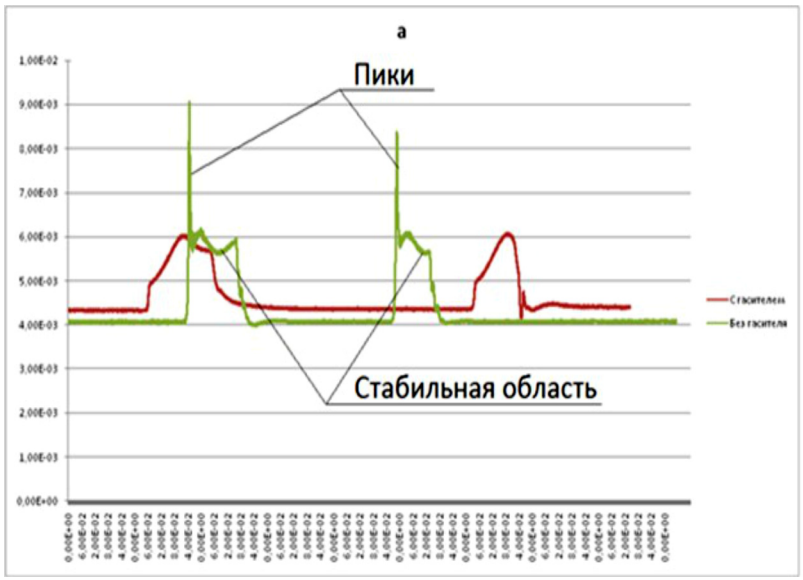


Рис. 5. Универсальный гаситель гидроудара

Снижение ударного давления обусловлено тем, что в УГГУ плоская ударная волна, распространяющаяся по трубопроводу, преобразуется в камере гашения в сферическую, вследствие чего по пути распространения волнового фронта падает удельная энергия ударной волны и ударное давление.

Наличие перфорированной мембраны вызывает диссипацию энергии при перетекании жидкости, являющемся следствием деформационного движения, через отверстия перфорации, что препятствует формированию отражённой ударной волны.

Разработанная конструкция предохранительного устройства и полученные уравнения математической модели могут быть использованы для проектирования и совершенствования средств защиты гидравлических систем водопроводных сетей.

1. Быков, Д. В. Анализ физики процессов, проходящих в элементах гидравлических систем, при гидравлическом ударе / Д. В. Быков, В. И. Ануфриев, И. Н. Черкашин // Проблемы развития политехнического образования и военной науки в – 2017 : сборник научных трудов / Военно-морской политехнический институт. – Санкт-Петербург : ВМПИ, 2017.

2. Жуковский, Н. Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах / Н. Е. Жуковский. – Москва ; Ленинград : Государственное издательство Технико-Теоретической литературы, 1949. – 104 с.

3. Мошнин, Ф. А. Указания по защите водоводов от гидравлического удара / Мошнин, Ф. А. Тимофеева Е. Т. – Москва, Госстройиздат, 1961. – 227 с.

4. Гидроудар : отчет о научно исследовательской работе / ВУНЦ ВМФ Военно-морская академия, исх. №003/630/06 от 16.01.2018.

ВЫБОР МЕТОДА САНАЦИИ ВОДОВОДА В ГОРОДЕ СЫКТЫВКАРЕ

А.И. Безрукова
Научный руководитель ***А.Г. Гудков****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Основными задачами служб эксплуатации коммунальных объектов в современной городской среде являются предупреждение старения и преждевременного выхода из строя подземных инженерных сетей водоснабжения, водоотведения, газо- и теплоснабжения, а также оптимальная локализация последствий их проявления. «Особую актуальность эти вопросы приобретают для городов России, где в коммунальном секторе старение подземных трубопроводных коммуникаций и другого оборудования различного назначения достигло критических уровней: свыше 70 % трубопроводных коммуникаций находятся в неудовлетворительном состоянии» [1]. Главной причиной выхода из строя металлических трубопроводов является коррозия труб, приводящая к появлению различных выемок, каверн, свищей в стенке трубы, уменьшению ее толщины.

Актуальность работы обусловлена тем, что в последние десятилетия в сфере строительства, ремонта и реконструкции городских коммунальных систем водоснабжения и водоотведения для решения указанных проблем активизировалось новое направление, получившее название бестраншейной технологии строительства (прокладки) новых и восстановления (реновации) старых (ветхих) трубопроводов.

Целью работы является повышение эффективности ремонта трубопроводов путём разработки оборудования и технологии для их бестраншейного ремонта на примере ОАО «Сыктывкарский Водоканал».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать существующие способы бестраншейного ремонта трубопроводов, выявить перспективное направление;
- разработать технологию бестраншейного ремонта;
- дать оценку экономической эффективности результатов работы.

На данный момент водоснабжение города имеет следующие проблемы:

- водозаборные узлы требуют реконструкции, капитального ремонта;
- водонапорные башни в аварийном состоянии;
- сети водоснабжения с большим износом.

Рассмотрим возможности использования технологии бестраншейного восстановления трубопроводов на примере ОАО «Сыктывкарский Водоканал».

Предприятие является коммерческой организацией с правами юридического лица, имеет самостоятельный баланс, расчетный и другие счета, печать со своим наименованием, фирменное наименование, бланки.

Основные виды деятельности, осуществляемые предприятием:

- обеспечение населения и предприятий г. Сыктывкара, пос. Верхний Чов, пос. Нижний Чов, с. Выльгорт услугами водоотведения и водоснабжения;
- транспортировка сточных вод на очистные сооружения АО «Монди СЛПК»;
- ремонтные, строительно-монтажные, наладочные и проектные работы на подведомственных объектах.

Также рассмотрены следующие методы санации:

- нанесение цементно-песчаного покрытия на внутреннюю поверхность ремонтируемого трубопровода;
- использование пневмопробойника для создания нового полимерного трубопровода на месте старого;
- использование гибкого комбинированного рукава, позволяющего формировать новую композитную трубу внутри старой;
- протаскивание гибкой (предварительно сжатой или сложенной U-образной формы) полимерной трубы внутрь старого трубопровода;

Обоснование целесообразности использования того или иного метода для ремонта сетей и сооружений на них определяется после детальных диагности-

ческих обследований трубопровода и заключения технической экспертизы по состоянию старого трубопровода.

Метод санации с **нанесением цементно-песчаного покрытия** на внутреннюю поверхность ремонтируемого трубопровода. Данный метод необходимо рассматривать, прежде всего, как антикоррозийную изоляцию поверхности, контактирующую с жидкостной средой. Нанесение покрытий позволяет улучшить надежность работы трубопроводных сетей и уменьшить дозу остаточного хлора в транспортируемой питьевой воде. Сокращение затрат происходит за счет уменьшения потерь на сорбцию окислителя пористыми коррозионными образованиями из-за их неразвитости.

Метод с использованием **пневмопробойника для создания нового полимерного трубопровода** на месте старого. Необходимо выполнить вертикальные скважины нужного диаметра и глубины через определенные промежутки (диаметр поземной траншеи и состав грунта определяют их длину). Далее нужно ввести в подготовленную скважину ударное устройство, которое оснащено приспособлением для затягивания труб. Такая установка именуется лидирующей. Диаметр скважины может равняться диаметру трубы, а может быть и несколько меньше её. Пневмопробойник непрерывно получает от компрессора ударные импульсы, последовательно продвигается вперёд по каналу, увлекая трубу за собой. Для наращивания длины труб применяют соединительные муфты, после чего продолжают прокладку. В зависимости от условий прокладки и технических характеристик пневмопробойника может быть полностью подготовлен к монтажу и весь участок трассы.

Метод с применением **гибкого комбинированного рукава** позволяет проложить новую композитную трубу внутри старой. Основным приемом при использовании данного метода является формирование новой композиционной трубы внутри старого трубопровода, который требует ремонта. Для этого необходимо разместить через смотровые колодцы комбинированный рукав, представляющий собой пропитанный термореактивным связующим армирующий материал (стеклоткань, синтетический войлок). После этого во внутреннюю пленочную герметичную оболочку комбинированного рукава под давлением подают теплоноситель (пар, горячую воду), расправляющий рукав и прижимающий его к внутренней поверхности трубопровода, что полимеризирует связующее, образуя новую композиционную трубу.

Метод **протаскивания деформированных полимерных труб и защитных оболочек** внутрь ремонтируемого трубопровода. Нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода оболочек в виде деформированных (профилированных, сплющенных) полимерных труб обеспечивает герметичность стенок, а также их высокую сопротивляемость динамическим нагрузкам.

Протаскивание бесшовного полимерного материала, например пластиковой профилированной трубы, поперечное сечение которой имеет U-образную

форму, на всю длину ремонтного участка между двумя колодцами с последующим прижатием ее к внутренней стенке путем подачи под давлением теплоносителя (например, водяного пара, горячей воды), в том числе для принятия покрытием круглой формы.

Специфика работы водопроводных сетей требует детального изучения влияния на эффективную эксплуатацию и поддержание нормативного срока службы труб таких внешних факторов, как гидравлические характеристики потока, и прежде всего напор, качественные характеристики транспортируемой трубы и ряд других.

Оптимальным вариантом модернизации водовода Сыктывкара на наш взгляд является метод санации с использованием гибкого комбинированного рукава, так как данный метод является более экономичным, что позволит рационально использовать бюджет. А также позволит произвести ремонт оборудования с минимальным ущербом для инфраструктуры города.

По итогам вышеизложенного материала, можно сделать следующие **выводы:**

- достоинства бестраншейной технологии обусловлены желанием людей максимально сократить физические средства и материальные затраты на осуществление земельных работ и ***организацию инженерных сетей***;

- данный способ ***прокладки трубопроводов*** основывается на подведении коммуникаций к различным объектам без перекапывания местности. Эта технология позволяет сократить период проведения работ, а также исключить затраты на восстановление прилегающих территорий.

1. Орлов, В. А. Бестраншейные технологии : учебник для магистрантов ВПО (квалификация магистр техники и технологии), обучающихся по программе 270100.11.68 «Водоснабжение городов и промышленных предприятий» по дисциплине ДМВ.02.01 «Бестраншейные технологии» направления 270100.68 «Строительство» / В. А. Орлов, И. С. Хантаев, Е. В. Орлов. – Москва : АСВ, 2011. – 223 с.

ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ В ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

А.А. Евстафьева
Научный руководитель ***Ю.С. Гаврилов****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Каждый специалист, имеющий отношение к эксплуатации отопительного и теплообменного оборудования, неизбежно сталкивается с проблемами, возникающими вследствие образования накипи в котлоагрегатах и тепловых сетях. Отложение солей временной жесткости на внутренней поверхности теплообменного оборудования приводит к ухудшению теплопередачи и снижению тепловой мощности, вызывая повышенное потребление энергоносителей. В водогрейных котлах при огневом обогреве труб в случае отложения солей на внутренних стенках может происходить пережог труб, расположенных в зоне высоких температур газов. В различных источниках приводятся данные о том, что слой накипи толщиной 1 мм приводит к ухудшению теплообменного процесса на 20–25 %. Накипеобразование происходит и на оборудовании с невысокой температурой нагреваемой воды, т.к. хотя скорость распада бикарбоната зависит от температуры, в системах, где существует возможность местного кипения, в кипящем слое вне зависимости от средней температуру воды будут выпадать карбонаты кальция и гипс.

Ультразвуковая технология предотвращения образования накипи основана на воздействии регулярно создаваемых ультразвуковых колебаний на процессы образования и оседания накипи на теплообменном оборудовании в течении всего времени его эксплуатации. Эта технология позволяет во многих случаях избавиться от необходимости отключения, разбора и чистки оборудования, уменьшить расход энергии. Она не требует вмешательства в работу теплообменного оборудования или изменения его конструкции, не требует расходных материалов, экологически чиста, потребляет незначительное количество электроэнергии, а мощности ультразвуковых колебаний безопасны для целости оборудования и не вредны для людей и животных.

Ультразвуковая технология применима для теплообменного оборудования различных систем и мощностей, прошла лабораторные и длительные производственные испытания в России и за рубежом.

Данная статья является частью научных исследований по повышению эффективности работы пластинчатых теплообменников с помощью ультразвукового излучения.

Целью настоящей работы является экспериментальное подтверждение повышения эффективности теплообмена в пластинчатых теплообменниках при обработке ультразвуковым полем.

Существуют различные способы предотвращения отложений накипеобразующих солей в теплообменном оборудовании – это регулирование скоростного и температурного режимов воды, уменьшение количества способных к выпаданию на теплообменных поверхностях солей путем химической подготовки воды, магнитная подготовка воды и другие. Однако их применяемость часто ограничивается технологическими особенностями, либо трудностями экономического характера.

На основании проделанного обзора литературы сделаны следующие выводы:

- наиболее экологически чистым методом является ультразвуковая обработка теплообменных аппаратов;

- экономически выгодным методом обработки поверхностей является ультразвуковая обработка.

Таким образом, мы подтвердили нашу убеждённость в том, что следует экспериментально исследовать воздействие ультразвука на накипеобразование на теплообменных поверхностях.

Для определения эффективности пластинчатого теплообменника при работе ультразвукового поля на кафедре теплогазоводоснабжения Вологодского государственного университета была смонтирована установка по исследованию процессов теплопереноса в пластинчатых теплообменниках при участии ультразвука.

Экспериментальная установка состоит из двух теплообменников ТП-90-(15SW+15SW), предоставленных компанией ООО «ТеплоМонтажПроект». Один из теплообменников оснащён ультразвуковой установкой для сравнения работы со вторым, расположены они друг от друга на расстоянии более 1 метра, дабы избежать воздействия ультразвука на второй (эталонный) теплообменник. Экспериментальная установка содержит источник тепла, превышающий на 2 порядка по мощности источник ультразвуковых колебаний для максимального исключения погрешностей в эксперименте. Пластинчатый ТО и источник тепла обвязываются в единый контур. В качестве источника ультразвуковых колебаний было принято оборудование НО-478 мощностью 100 Вт, предоставленное компанией «Новотех-ЭКО», г. Вологда.

Все капитальные затраты на приобретение нового оборудования, его доставку и установку окупятся за 5 лет и данное мероприятие является эффективным.

Ультразвуковая установка обладает рядом преимуществ перед химическим методом очистки пластинчатого теплообменника:

1) позволяет свести к минимуму применение ручного труда;

2) отложения не собираются на стенках теплообменника в течении всего отопительного периода;

3) теплообменник работает с максимальной энергоэффективностью во время всего отопительного периода;

4) отсутствие перегрева пластин теплообменника, что не приводит к изменению геометрии пластин;

5) обеспечение высокого качества воды без изменения её состава;

6) повышение срока эксплуатации оборудования.

Использование ультразвуковых устройств позволяет воздействовать на процесс накипеобразования, в значительной степени перенести его с теплообменной поверхности в толщу воды. Кроме того, ультразвуковые колебания теплообменной поверхности способствуют скалыванию образовавшейся на ней накипи.

1. Волосатов, В. А. Ультразвуковая обработка / В. А. Волосатов. – Ленинград : Лениздат, 1973. – 248 с.

2. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алексин. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1970 – 84 с.

3. Тебехин, Е. Ф. Декарбонизация воды ультразвуком / Е. Ф. Тебехин, А. М. Жигун, Г. Н. Шлянкина // Труды Московского энергетического института. – 1983. – № 20. – С. 76–81.

4. Тебенихин, Е. Ф. Воздействие магнитного и ультразвукового полей на величину отложений в конденсаторах турбин ТЭС / Тебенихин Е. Ф., Старовойтов В. С., Чуканова А. М. // Труды Московского энергетического института. – 1981. – № 526. – С. 68–70.

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОНСТРУКЦИЙ ФЛОТАТОРОВ СО СВОЙСТВАМИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

А.П. Киценко

Научный руководитель ***Е.В. Алексеев****, д-р техн. наук*

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

г. Москва

Применение разного конструктивного оформления флотационных установок всецело зависит от извлекаемых видов загрязняющих веществ в сточных водах.

В статье проведен аналитический обзор разных типов конструкций флотационных установок в зависимости от извлекаемых загрязняющих веществ,

находящихся в составе сточных вод. Объектами анализа выступают сточные воды, образующиеся на различных промышленных предприятиях.

Правильно подобранная конструкция флотатора позволяет добиться высокой эффективности очистки сточных вод без повышенных затрат реагентов и электроэнергии.

Так, например, стоки, образующиеся на нефтеперерабатывающих предприятиях, в своем составе имеют повышенную концентрацию нефтепродуктов (до 25 г/л), ПАВ (до 100 мг/л) и взвешенных веществ (около 1000 мг/л). В ходе флотации такие стоки образовывают газово-молекулярные и дисперсно-газовые типы флотокомплексов [1]. Как правило, такие типы флотокомплексов хорошо флотируются во флотаторах с вертикальными камерами флотации. Их исполнение может быть как односекционное, так и многосекционное. На рисунке 1 представлена односекционная флотационная установка с вертикальной камерой флотации.

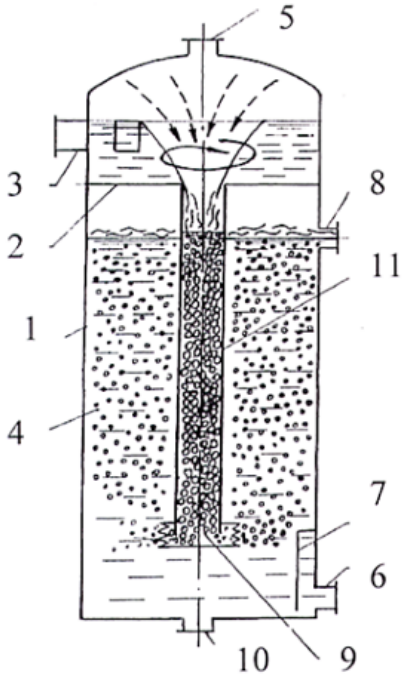


Рис. 1. Флотатор с вертикальной камерой флотации [2]:
1 – корпус флотатора; 2 – перегородка; 3 – ввод исходной воды;
4 – камера флотации; 5 – патрубок ввода газа; 6 – отвод очищенной воды;
7 – гидрозатвор; 8 – отвод шлама; 9 – пружинный затвор;
10 – патрубок опорожнения флотатора;
11 – камера образования ДГФ

При использовании такого вида флотаторов на нефтесодержащих сточных водах эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов повышается и составляет порядка 90 %. При этом эффективность очистки взвешенных веществ ниже – около 70 %.

Характерными загрязнениями в сточных водах мясоперерабатывающих предприятий являются жиры (500–1000 мг/л) и взвешенные вещества (2 г/л).

Использование флотационных установок с вертикальной камерой флотации будет малоэффективно и не способно убрать такое количество взвешенных веществ.

В связи с этим в очистке сточных вод мясоперерабатывающих предприятий широко распространено применение компрессионной флотации (рис. 2). Отличительными особенностями таких флотационных установок является способ получения ДГФ и тип применяемой флотокамеры.

В отличие от вертикального флотатора диспергированная газовая фаза образуется путем смешения циркуляционной воды и воздуха, идущего от компрессора в напорном баке, откуда в свою очередь водовоздушная смесь поступает во флотационную камеру.

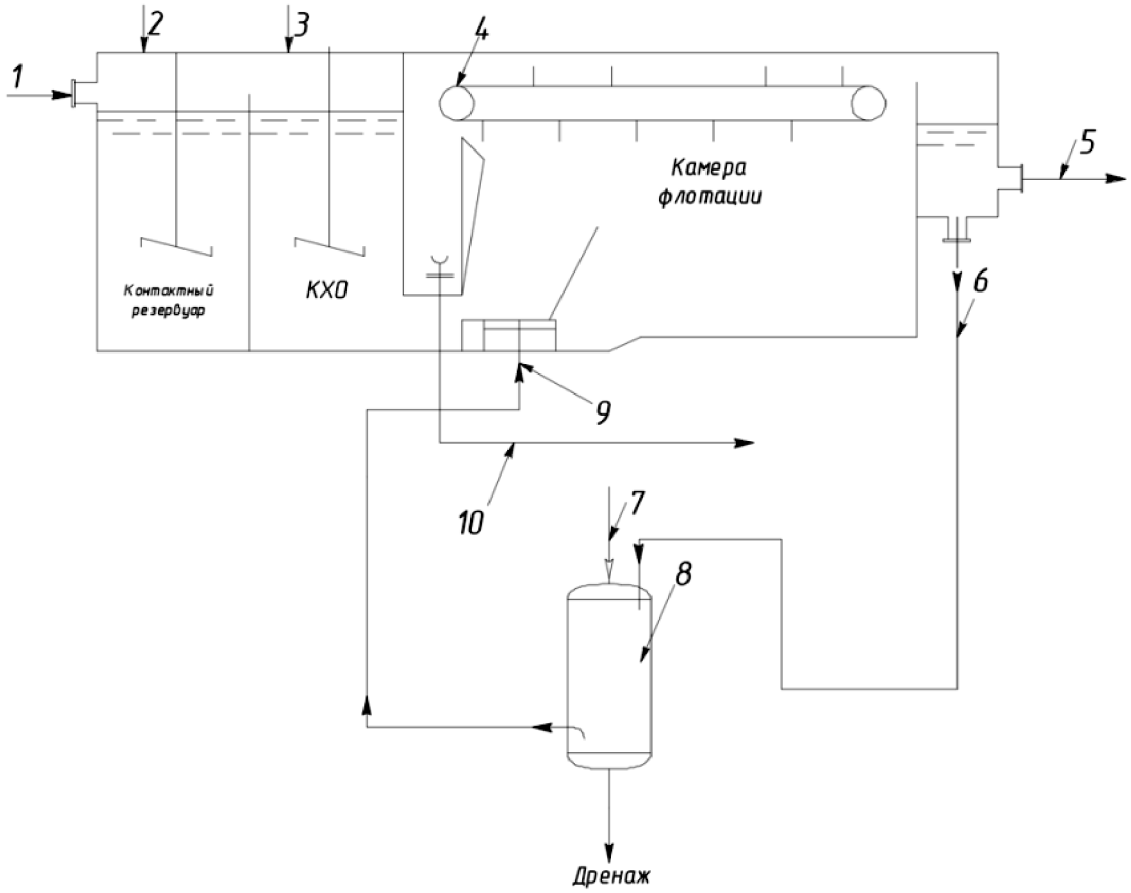


Рис. 2. Схема компрессионного флотатора:
1 – подача СВ; 2 – дозирование коагулянта; 3 – дозирование флокулянта;
4 – скребковый механизм; 5 – отвод очищенной воды; 6 – циркуляционная вода;
7 – подача сжатого воздуха; 8 – напорный бак; 9 – подача водовоздушной смеси в камеру флотации; 10 – отвод флотошлама

Горизонтальная камера флотации позволяет эффективно извлекать из воды газово-дисперсные и дисперсно-газовые типы флотокомплексов [1].

Такой тип флотационной установки хуже справляется с очисткой сточных вод от нефтепродуктов, в отличие от вертикальных флотационных установок, но хорошо себя зарекомендовал в очистке сточных вод от большого

количества взвеси и жира. Эффективность очистки сточных вод от жиров составляет 70–80 %, а от взвешенных веществ – 95 %.

Радиальные компрессионные флотационные установки с конической расширяющейся камерой флотации (рис. 3) схожи с компрессионными флотаторами, описанными выше. Они универсальны в отношении извлечения разных загрязняющих веществ и используются тогда, когда необходимо извлечь разные типы флотокомплексов.

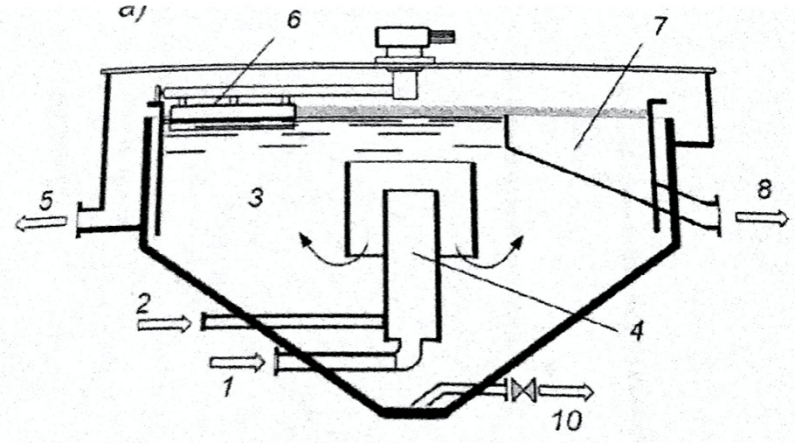


Рис. 3. Схема радиального флотатора:
1 – подача СВ; 2 – подача водовоздушной смеси; 3 – камера флотации;
4 – система распределения; 5 – отвод очищенной СВ; 6 – пеносъемное устройство;
7 – пеносборный карман; 8 – отвод флотошлама; 10 – отвод осадка

Такие флотаторы применяются на очистных сооружениях пищевых промышленных предприятий. В конической части основания нефлотируемые или плохо флотируемые вещества быстро оседают и отводятся через патрубок отвода осадка на дальнейшую переработку.

В заключении можно сделать вывод о том, что перед расчетом и проектированием флотационных установок следует всегда обращать внимание на природу формирования сточной воды. Это необходимо для обеспечения максимальной эффективности очистки сточных вод. Также для того, чтобы добиться наиболее эффективной работы флотационных сооружений, необходимо правильно рассчитать объем поступающих сточных вод. От этого зависит, будет ли флотатор работать равномерно или будет он перегружен.

1. Алексеев, Е. В. Очистка сточных вод флотацией. Основы технологии применение : монография / Е. В. Алексеев. – Москва : АСВ, 2015. – 160 с.

2. Алексеев, Д. В. Комплексная очистка стоков промышленных предприятий методом струйной флотации / Алексеев Д. В., Николаев Н. А., Лаптев А. Г. – Казань : КГТУ, 2005. – 156 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКА НАГОРНЫЙ

В.С. Коняева
Научный руководитель ***А.В. Гришкова,*** *канд. техн. наук, доцент*
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
г. Пермь

В настоящее время централизованные системы теплоснабжения в условиях плотной городской застройки не имеют реальной альтернативы. Поэтому анализ работы и оптимизация режимов городских систем теплоснабжения особенно актуальны в связи с имеющимися проблемами: недостаточная надежность систем, увеличенные теплопотери трубопроводов, низкие экономические показатели источников. Недостаточная надежность современных систем теплоснабжения связана с наличием многочисленных повреждений сетей и недостаточного резервирования оборудования [1]. Высокая изношенность оборудования, зданий котельных и трубопроводов приводят к сверхнормативным потерям теплоты, перерасходу топлива, высокой себестоимости производства тепловой энергии, часто превышающей установленные тарифы [2].

В развитие ФЗ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», принятого в 2009 году и ФЗ № 190 «О теплоснабжении» 2010 года, выпущено несколько Постановлений правительства РФ. Наиболее важным документом применительно к системам теплоснабжения с целью удовлетворения спроса на тепловую энергию, повышения надежности системы теплоснабжения наиболее экономичным способом является Постановление Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения».

В посёлке Нагорный (г. Кунгур Пермского края) теплоснабжение потребителей осуществляется от двух котельных № 27 и № 28. Основным топливом для котельных является природный газ от существующего газопровода. В настоящее время максимальная нагрузка на отопление, вентиляцию и ГВС поселка Нагорный составляет 9,5 Гкал/час от котельной № 27 и 13, 5 Гкал/час от котельной № 28.

Предварительный анализ отпуска тепловой энергии показал, что обе котельные работают даже в холодный период с нагрузкой менее 50 % номинальной. Оборудование, установленное в котельной № 27, имеет практически предельный износ. Поэтому было принято решение о разработке схемы теплоснабжения посёлка с учетом раздела 11 Постановления № 154 «О распределении тепловой нагрузки между источниками тепловой энергии».

Проведенные расчеты существующих и перспективных нагрузок потребителей тепловой энергии позволили сделать вывод о том, что использование для теплоснабжения одной котельной № 28 позволит сделать систему более

эффективной. Суммарно максимальная нагрузка на отопление, вентиляцию и ГВС от котельной № 28 составит 23 Гкал/час. По надежности отпуска тепла котельная относится ко II категории. Тепловая установленная мощность котельной составляет 26,34 Гкал/ч. Перечень котельного оборудования приведен в таблице.

Таблица

Перечень оборудования

№	Марка котла	Производительность
Водогрейные котлы		
1	ДКВР-10	7,84 Гкал/ч
2	ДКВР-10	7,83 Гкал/ч
3	ДКВР-10	7,52 Гкал/ч
Паровые котлы		
4	МЗК-7АГ	1,0 т/ч
5	МЗК-7АГ	1,05 т/ч
6	МЗК-7АГ	1,10 т/ч

В настоящее время в расчетном (зимнем) режиме работают два котла ДКВР-10 (один ДКВР-10 в резерве). Теплоноситель – горячая вода с температурой Т=95–70 ºС. Обслуживаемая система теплоснабжения –закрытая, двухтрубная. Регулирование температуры воды в подающей теплосети осуществляется изменением количества сжигаемого топлива и перепуском части обратной сетевой воды в подающий трубопровод через перемычку. Паровые котлы МЗК-7АГ используются для приготовления пара и отправки его на производственные нужды предприятия нефтяной промышленности. В летний период котельная не работает.

Для обеспечения потребности в тепловой энергии присоединённых к теплосети объектов с учетом дополнительной присоединяемой нагрузки необходимо увеличить расход теплоносителя и мощность сетевых насосов. Предложена реконструкция трубопроводной схемы тепловой сети. Гидравлический расчет реконструируемой схемы теплоснабжения показал необходимость увеличения диаметров существующих коллекторов и диаметра головного трубопровода из-за возросших потерь напора.

В соответствии с разделом 5 постановления № 154 «Предложения по строительству, реконструкции, техническому перевооружению и модернизации источников тепловой энергии» предлагается установить счетчик отпускаемой тепловой энергии от котельной, т.к. в настоящее время этот параметр на котельной не измеряется. А также произвести замену существующих сетевых насосов IL 100/165-22/2 в количестве четырёх штук. Для каждого подача составляет 165м^3/ч, напор – 32 м вод. ст, установленные электродвигатели АИР: мощность 22 кВт, скорость 2900 об/мин. Вместо описанного оборудования предлагается установить стандартные одинарные насосы с сухим ротором

IL 200/380-75/4 в количестве трёх штук. Два насоса будут работать в расчетном режиме в зимний период, один – находиться в резерве.

Новая схема теплоснабжения не претерпела сильных изменений, так как ранее уже существовала перемычка между сетями теплоснабжения двух котельных для снабжения всего поселка ГВС от одной котельной. Замене подлежит на данный момент только участок тепловой сети, расположенный в г. Кунгур Пермского края вдоль автомобильной дороги по ул. Моховая между ул. Горная и ул. Космонавтов, длиной 100 метров с диаметра 219 на диаметр 325.

После проведения предложенных мероприятий по переводу системы теплоснабжения посёлка Нагорный на работу от одного источника ожидается заметное увеличение экономической и энергетической эффективности системы. Планируется сокращение объема сжигаемого топлива, снижение эксплуатационных затрат, сокращение затрат на электроэнергию и др., а также обеспечение надежности системы, благодаря замене и резервированию оборудования.

1. Основные принципы и эффективность реконструкции системы теплоснабжения / Николаев Ю. Е., Дубинин А. Б., Осипов В. Н., Мракин А. Н. Энерго- и ресурсосбережение XXI век // Сборник материалов X Международной научно-практической интернет-конференции. – Орёл, 2012. – С. 10–13.

2. Мирошников, С. Ф. Оптимизация системы теплоснабжения поселка Букачача / Мирошников С. Ф., Агафонова Н. А. // Инновационные технологии в технике и образовании : материалы X Международной научно-практической конференции (Чита, 19–20 декабря 2018 г.). – Чита, 2018. – С. 55–60.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЭНЕРГООБСЛЕДОВАНИЯ СПОРТИВНОГО КОРПУСА

И.А. Кузнецова
Научный руководитель ***А.А. Синицын,*** *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Особенную актуальность сфере неразрушающего контроля и диагностики придаёт то, что эта область непосредственно связана с проблематикой безопасности эксплуатации объектов строительства, энергетики, ЖКХ, нефтегазового сектора и т.д. Среди факторов, стимулирующих инновации в сфере контроля качества и состояния, можно выделить следующие:

– возможности повышения производительности труда и эффективности производства;

– коммерческий интерес к ресурсам эксплуатации различных объектов – машин, недвижимости, конструкций и систем;

– экономия ресурсов, повышение экологической чистоты среды.

Среди методов неразрушающего контроля перспективным является тепловизионная съемка объектов контроля и диагностики.

Цель данного исследования заключается в повышении энергетической эффективности системы теплоснабжения учебного корпуса по адресу г. Вологда, ул. Зосимовская, 5в путем внедрения энергосберегающих мероприятий. Работа выполняется в рамках междисциплинарной ВКР по аудиту имущественного комплекса университета с разработкой сберегающих мероприятий (приказ №02.00-70/0581 от 31.10.2019).

В данной работе приведены результаты натурного тепловизионного исследования эффективности теплоограждающих конструкций здания с выявлением отклонений и дефектов с применением методов неразрушающего контроля. Визуализация тепловых полей и измерение температуры при тепловизионном обследовании наружных ограждающих конструкций выполнялось с применением оптико-электронного тепловизора Testo 875-2 и пирометра Testo 830-T1 с применением методики [3] в три этапа: 30.01.2020, 7.02.2020 и 8.02.2020.

Натурные обследования проводились при отрицательной температуре наружного воздуха и положительной температуре внутреннего воздуха, при отсутствии атмосферных осадков, тумана, солнечных бликов и других подобных природных явлений. Погодные условия удовлетворяли требованиям проведения тепловизионного обследования.

Термографирование наружных ограждений проводилось в перпендикулярном направлении к поверхности объекта испытаний либо при отклонении от этого направления, не превышающем 30° угла наклона к горизонтальной плоскости.

После проведения обследования полученные термограммы были обработаны и нормированы по температурной шкале. Компьютерный анализ был произведен для выявления аномальных зон тепловых потерь, их фотофиксации и анализа количественным и качественным способом.

В связи с тем, что тепловизионный контроль является неразрушающим методом контроля строительных объектов, все выводы и заключения являются технически достоверными, но носят предположительный характер в части точной идентификации обнаруженных скрытых строительных дефектов.

Далее представлены несколько результатов тепловизионного обследования – термограммы обследуемых ограждающих конструкций здания. По температурной шкале, находящейся справа от термограммы, можно наглядно увидеть распределение температуры по конструкциям здания и выявить дефекты.

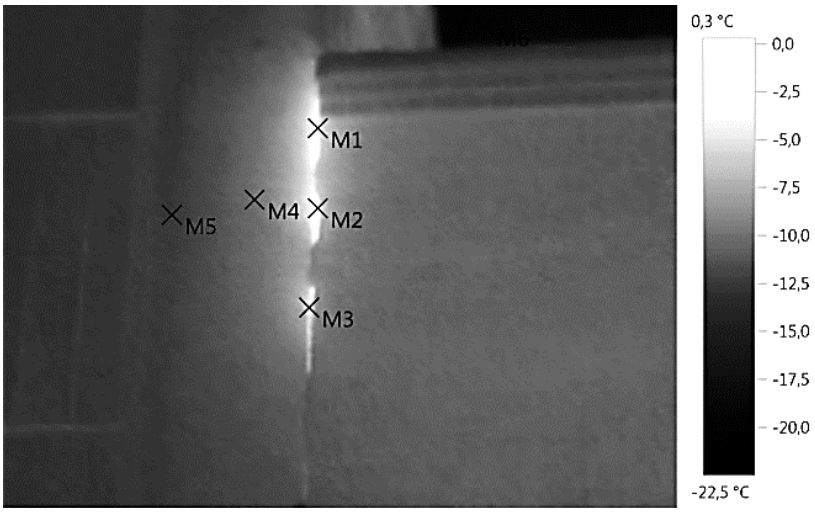


Рис. 1. Термограмма: фрагмент обследуемой части спортивного зала

На рисунке 1 представлена термограмма фрагмента фасада обследуемой части спортивного зала. Тепловизионная съемка проводилась при температуре наружного воздуха -11,5 °С.

Точки М4, М5 – без дефектов; М1, М2, М3 – наблюдаются высокие теплопотери через ограждающие конструкции в местах стыков в связи с их разрушением. Рекомендуется произвести штукатурные и теплоизоляционные работы в местах явных теплопотерь.

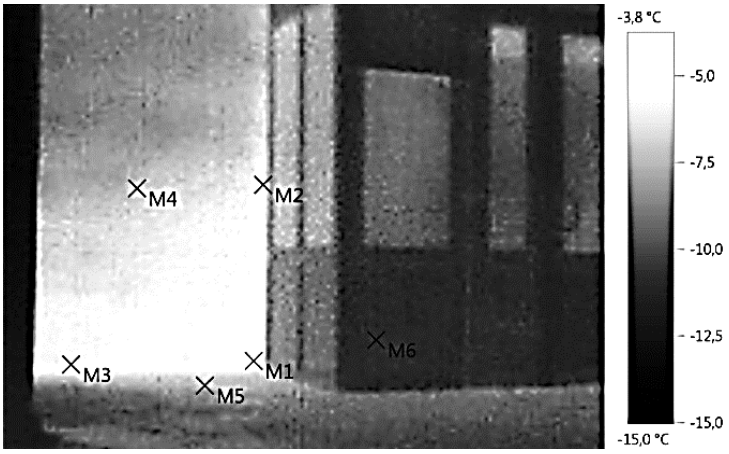


Рис. 2. Термограмма: фрагмент обследуемой части входной группы

На рисунке 2 представлена термограмма фрагмента фасада у входной группы здания. Тепловизионная съемка проводилась при температуре наружного воздуха -15,0 °С.

Точки М4, М5, М6 – без явных дефектов; М1, М2, М3 – высокие теплопотери в местах примыкания входной группы к ограждающей конструкции и через цокольную часть. На основании этого требуется произвести теплоизоляционные работы части фасада стены.

Оценка технического состояния обследуемых ограждающих конструкций (наличия или отсутствия слоя тепловой изоляции, фактические термические характеристики) может быть выполнена при техническом обследовании (демонтажные работы и т.д.).

Выводы по работе

Для исследования эффективности системы теплоснабжения спортивного корпуса произведено инструментальное исследование с применением теплового неразрушающего контроля (тепловизионное обследование и приборное обследование температурного режима помещений и системы отопления) и его анализ.

На основе комплексного тепловизионного обследования ограждающих конструкций учебного корпуса были сделаны следующие выводы и рекомендации: в связи с разрушением в местах стыков и местах присоединения входной группы к фасаду здания необходимо произвести штукатурные и теплоизоляционные работы в местах явных теплопотерь с целью сокращения расходов тепловой энергии в отопительный сезон.

Часть результатов представлена в данной публикации, полный отчет будет подготовлен по итогу диссертационной работы в виде ВКР с соответствующими разделами технического и экономического характера.

1. Синицын, А. А. Математическое моделирование автономной системы теплоснабжения здания / А. А. Синицын, В. И. Игонин, А. А. Плеханов // Энергетика, экология, экономика средних и малых городов: Проблемы и пути их решения. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации - федеральный информационно-аналитический центр оборонной промышленности, 2003. – С. 34–37.

2. К построению математической модели энергетического баланса здания / В. И. Игонин, А. А. Плеханов, А. А. Синицын [и др.]. // Вузовская наука – региону: Материалы Первой общероссийской научно-технической конференции. – Вологда : Вологодский государственный технический университет, 2003. – С. 371–374.

3. Синицын, А. А. Основы тепловизионной диагностики теплопотребляющих объектов строительства : учебное пособие / А. А. Синицын, Д. Ф. Карпов, М. В. Павлов. – Вологда : ВоГТУ, 2013 – 156 с.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В.А. Куницкий
Научный руководитель ***С.В. Лукин****, д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Одной из главных проблем в современной энергетической отрасли является проблема эффективного и рационального использования ресурсов. Задачи оптимизации и модернизации в энергетическом комплексе поддерживаются национальной политикой эффективного использования энергетических ресурсов и согласуются с целью государственной программы по снижению энергоёмкости ВВП России.

Мероприятия по повышению энергетической эффективности активно внедряются во все отрасли энергетического комплекса страны. Исключением не стала сфера жилищно-коммунального хозяйства. Известно, что с удаляемой канализационной водой теряется большое количество тепловой энергии. Сумма потерь достигает 70 % от изначально затраченной тепловой энергии на нагрев воды.

Ранее был разработан теплообменный аппарат для утилизации теплоты сточных вод, образующихся после принятия душа [2]. Данный теплообменный аппарат отбирал теплоту сточных вод, удаляемых после принятия душа, и использовал её для нагрева холодной воды. Именно его мы будем использовать в данной работе.

Считается, что для среднестатистического человека вода температурой 40 °С комфортна для принятия душа. По нормативу горячая вода в сетях внутридомового водоснабжения имеет температуру 65 °С. Для приготовления 1 м^3 воды данной температуры в зимний период необходимо смешать 0,59 м^3 воды температурой 65 °С и 0,41 м^3 воды температурой 5 °С. В летний период данные пропорции составят 0,5 м^3 воды температурой 65 °С и 0,5 м^3 воды температурой 15 °С. Если осуществлять предварительный нагрев холодной воды, то удастся сократить долю горячей воды, тем самым можно достигнуть экономии тепловой энергии. Фактически, при использовании ТОА в таком формате для приготовления единицы воды комфортной температуры пользователь сможет потребить меньше горячей воды из водоразборного устройства, нежели без использования ТОА.

Таким образом, главной целью данной работы является разработка высокоэффективного способа горячего водоснабжения с применением утилизационного теплообменного аппарата.

Основными задачами являются:

• Разработка ТОА для приема душа в квартире с централизованным водоснабжением.

• Создание математической модели работы ТОА (с помощью применения компьютерных технологий) при нестационарном и стационарном режимах работы.

• Экспериментальное испытание разработанной теплообменной установки.

Если в зимний период не подогревать холодную воду, то для приготовления 1 м^3 воды необходимо будет затратить 0,59 м^3 горячей воды температурой 65 °С. Если холодную воду подогреть до температуры 20 °С, то количество требуемой горячей воды сократится до 0,445 м^3. При нагреве до 25 °С доля горячей воды составит 0,375 м^3. При нагреве до 30 °С нам уже понадобится 0,29 м^3, а при нагреве холодной воды до 35 °С понадобится всего 0,17 м^3 горячей воды. Как видно, можно таким способом достигнуть существенной экономии горячей воды.

График, показывающий удельную экономию тепловой энергии с 1 м^3 воды температурой 40 °С в зимний и летний периоды, приготовленной с помощью сетей внутридомового водоснабжения, представлен ниже.

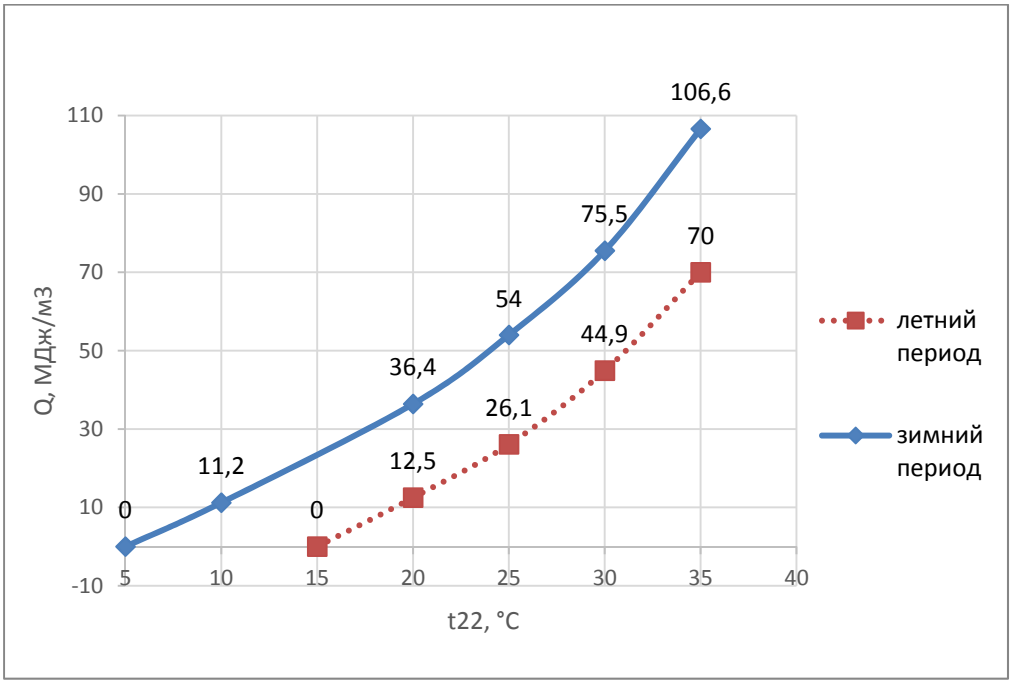


Рис. 1. Экономия МДж/м^3 с 1 м^3 воды для душа в зимний и летний периоды

Как видно, при предварительном нагреве холодной воды и в зимний, и в летний периоды можно сэкономить существенное количество тепловой энергии. Также заметим, что часто температура горячей воды не соответствует нормативному значению в 65 °С. В таком случае доля потребляемой горячей

воды возрастает. Соответственно, возрастает и цена за единицу воды комфортной температуры для принятия душа.

График, показывающий зависимость средней плотности теплового потока от температуры предварительного нагрева холодной воды представлен ниже.

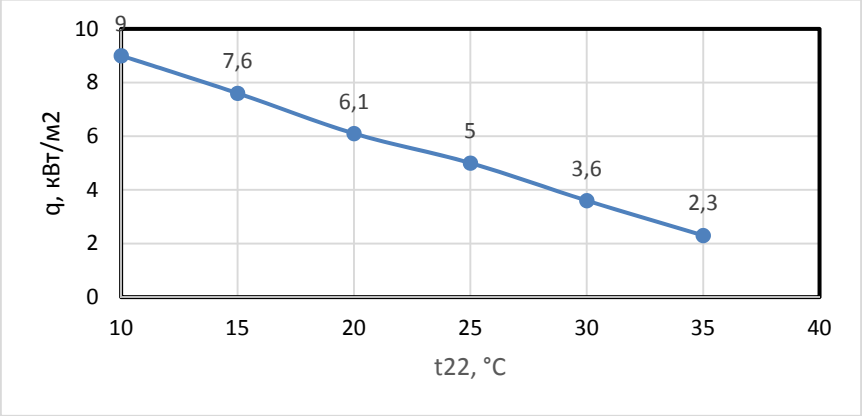


Рис. 2. График зависимости средней плотности теплового потока от температуры предварительного нагрева холодной воды

Экономия такого количества тепловой энергии позволит достигнуть значимой экономии денежных средств отдельными домохозяйствам (вне зависимости от того, в каком субъекте РФ будет применяться данная технология).

На данном этапе обосновывается целесообразность данной работы, перспективность исследования. Проект согласуется с актуальными запросами в энергетическом комплексе РФ. Использование разработки позволит использовать тепловую энергию, которую на данный момент теряют при сбросе канализационных вод. Это принесет экономический эффект как отдельным домохозяйствам, так и энергогенерирующим предприятиям.

Следующим шагом в работе будет создание математической модели ТОА при нестационарном и стационарном режимах работы.

1. Исаченко, В. П. Теплопередача / Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. – Изд. 3-е. – Москва : Энергия, 1975. – 488 с.

2. Куницкий, В. А. Использование теплообменного аппарата для рекуперации тепловой энергии сточной душевой воды / В. А. Куницкий // Вестник вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2020. – № 1 (7). – С. 19–22.

РАЗВИТИЕ ТЕПЛИЧНОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА (ХОЗЯЙСТВА) ПРИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Э.Р. Курумханова
Научный руководитель ***Н.А. Никитина****, канд. экон. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Одним из побочных результатов работы атомных электростанций (далее АЭС) выступает рассеяние 30–40 % образовавшегося тепла в окружающую среду и, как следствие, её тепловое загрязнение [1]. Таким образом, возрастает потребность в научной проработке вопроса эффективного и экологичного применения неиспользованной полезной части атомного топлива. Его решением может стать строительство тепличных комплексов, поддерживающих оптимальную температуру внутри помещений посредством использования возможностей теплообменных установок. В таком случае тепловые отходы АЭС приобретают статус ненеизбежных потерь потенциального энергоресурса, рациональное использование которого приводит не только к снижению теплового загрязнения атмосферного воздуха, но и получению продукции растениеводства, способной удовлетворить пищевые потребности населения отдельных территорий [2, 3].

В качестве исходных проектных данных были приняты габариты типовой промышленной теплицы площадью 828 м^2 (длиной 13,8 м и шириной 60 м) и высотой 3,5 метра, размещенной на площади участка 1632 м^2, отведенной для размещения теплицы с учётом установленных границ санитарно-защитной зоны и удаленности теплицы от АЭС на расстоянии 15 км. Расчет велся для северных территорий страны, мало освещаемых.

Авторами были рассмотрены восемь сценарных вариантов (альтернатив) использования теплицы, устанавливающих рациональность/ нерациональность выращивания в районах Крайнего севера и приравненных к ним местностях отдельных видов сельскохозяйственных культур, относящихся к наиболее развитым в тепличном хозяйстве России отраслям растениеводства:

- по отрасли «плодоводство» – была проанализирована эффективность выращивания двух видов цитрусовых культур, обладающих наибольшим запасом витаминов, – лимоны (сценарий 1) и мандарины (сценарий 2). Также была оценена рациональность выращивания апельсинов: показатели эффективности оказались близки к показателям, вычисленным для культуры «лимон»;

- по отрасли «виноградарство» – рассматривался сценарий выращивания винограда сортов «Хусайне» и «Изабелла» (сценарий 3) как наиболее типичных для большинства регионов России и пригодных для употребления в пищу не только в виде ягод, но и в высушенном виде (в виде изюма);

- по отрасли «бахчеводство» – рассматривался сценарий выращивания типичных для России сортов дынь «Делано», «Колхозница» и т.п. (сценарий 4). Вариант выращивания арбузов в теплице из рассмотрения был удален, поскольку искусственное освещение не может обеспечить нормальное развитие плетей бахчи и налив плодов. Как следствие, арбузы при искусственном выращивании в недостаточно освещенных помещениях имеют более длительный период вегетации, а получившиеся плоды не принимают товарный вид (плоды мелкие и несладкие). Иные виды бахчевых культур – кабачок, тыква, патиссон – также были удалены из рассмотрения, поскольку их плоды как самостоятельный продукт не пользуются существенным спросом со стороны населения и чаще требуют дополнительной переработки (варки икры, мариновки и пр.).

- по отрасли «овощеводство» – анализировались варианты выращивания огурцов (сценарий 5), помидоров (сценарий 6), сладкого перца (сценарий 7) и баклажанов (сценарий 8).

Следует обратить внимание на тот факт, что анализу повергались сценарии выращивания монокультур: варианты комбинированной высадки разных видов сельскохозяйственных растений в одной теплице не оценивались в ввиду их возможной несовместимости (для многих культур требуется разная ширина рядов высадки, дифференцированные параметры микроклимата теплицы, отличающаяся продолжительность вегетационного периода и пр.). По этой же причине не анализировался вариант одновременного выращивания в теплице различных видов трав (укроп, петрушка, кинза, базилик и пр.), корнеклубнеплодов (морковь, свекла, репа, редис, редька и пр.) и луковичных растений (лук репчатый, лук-батун, лук-порей, чеснок и пр.).

Каждый сценарий оценивался как самостоятельный инвестиционный проект, конечной целью реализации которого является достижение точки безубыточности в течение 5–7 лет. Любой сценарий, помимо осуществления единовременных затрат (капитальные вложения) в строительство и оснащение теплицы, учитывал необходимость формирования переменных затрат на поддержание её функционирования (заработная плата и страховые взносы персонала, амортизация оборудования, материальные и прочие расходы). Затраты на осуществление проекта (отрицательные финансовые потоки) оценивались дискретно, а также аккумулировались по годам реализации проекта. Выручка от реализации сельскохозяйственной продукции (встречные положительные финансовые потоки, формирующиеся с временным лагом, равным вегетационному периоду выращивания каждого вида растений) также определялась в текущем году в абсолютном выражении и нарастающим итогом по годам реализации инвестиционного проекта. Разность между текущими значениями выручки и затрат позволила сформировать чистую прибыль (убыток) текущего финансового года. Эффективность проекта оценивалась посредством показателя рентабельности – отношения чистой прибыли (если она была достигну-

та в текущем финансовом году) к полной себестоимости производимой растениеводческой продукции в этом же периоде времени.

Разница между наращенными положительными и отрицательными финансовыми потоками позволила получить кумулятивную чистую прибыль (убыток) от реализации проекта в каждом финансовом году. Кумуляты выручки и себестоимости выращивания отдельного вида сельскохозяйственных культур были изображены в одних координатных осях. Пересечение данных кривых линий на семилетнем отрезке времени представляет собой графическое изображение точки безубыточности инвестиционного проекта, отсутствие пересечения кривых свидетельствует о невозможности достижения срока окупаемости на семилетнем отрезке перспективы.

Анализируя полученные финансовые показатели, можно сказать, что выращивание мандаринов, разных сортов винограда и бахчевых культур в теплицах районов Крайнего севера и приравненных к ним местностях экономически не выгодно, так как чистая прибыль не формируется ни в одном из семи лет реализации проекта.

Выращивание лимона становится безубыточным уже через 32 месяца (т.е. через 3 года) с момента ввода теплицы в эксплуатацию, однако полная окупаемость первоначальных инвестиций по выращиванию лимона наступит лишь к концу 7 года. Наибольшей эффективностью выращивания в местностях с малой продолжительностью светового дня обладают овощные культуры – огурцы и помидоры. По аналогии с лимоном, выращивание огурцов становится безубыточным через 32 месяца с момента ввода теплицы в эксплуатацию, а полная окупаемость первоначальных инвестиций наступает к концу 7 года. Помидоры же, благодаря большой плотности посадки, высокой степени урожайности при искусственном освещении становятся безубыточными в выращивании уже на второй год реализации проекта, а полностью окупают первоначальные и текущие затраты уже на 3 год с момента ввода теплицы в эксплуатацию. Графики наступления точки безубыточности для огурцов и помидоров представлены на рисунках 1 и 2.

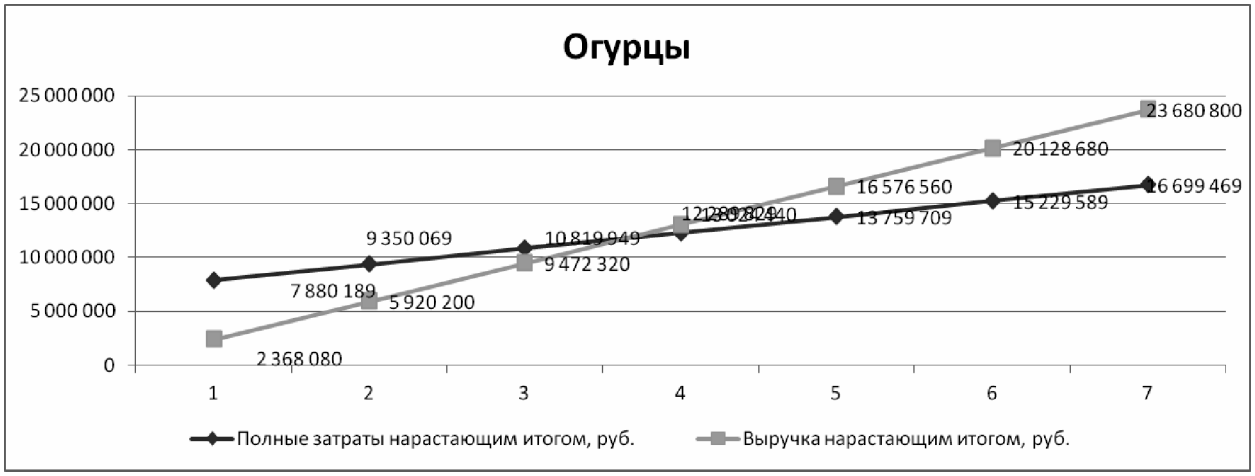


Рис. 1. Наступление точки безубыточности для огурцов, выращиваемых в теплице

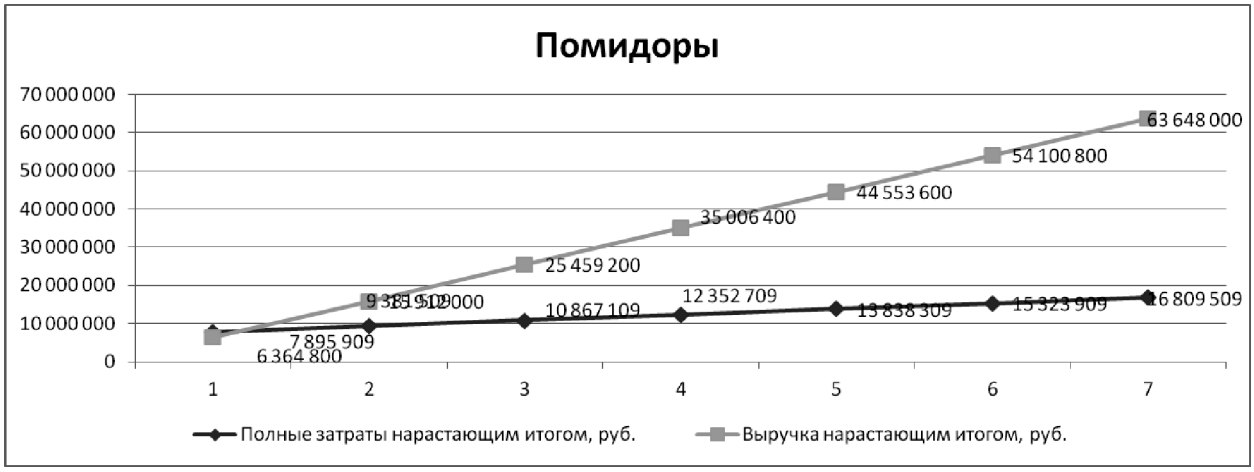


Рис. 2. Наступление точки безубыточности для помидоров, выращиваемых в теплице

В результате осуществления любого их трёх проектов – строительство промышленной теплицы при АЭС для выращивания лимонов/ огурцов/ помидоров – возможно достигнуть не только «оздоровления» экологической обстановки в регионе, благодаря уменьшению теплового загрязнения окружающей среды, но и повысить эффективность деятельности АЭС, обеспечить население районов Крайнего севера фруктами или овощами, богатыми витаминами и/или клетчаткой. Последнее позволяет содействовать и решению продуктовой безопасности отдаленных регионов России и импортозамещения страны.

1. Бурденкова, Е. Ю. Использование сбросного и низкопотенциального тепла АЭС для теплоснабжения теплиц / Е. Ю. Бурденкова, И. А. Бакланов, С. А. Ермолаев // Инновации в науке и практике : сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции (Барнаул, 15 марта 2018 г.) : в 5 частях. – Барнаул, 2018. – С. 19–26.

2. Косолапов, Л. Инновационные подходы к созданию биологических комплексов в энергетических структурах / Л. Косолапов // Экономика и управление. – 2012. – № 6 (80). – С. 40–43.

3. Тепловые и атомные электростанции: возможный вклад в импортозамещение продовольствия / В. Денисов, В. Гутенёв, К. Популиди [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 6. – С. 142–147.

АПРОБАЦИЯ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЭНЕРГООБСЛЕДОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

С.А. Манойлова
Научный руководитель ***А.А. Синицын****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Повышение энергетической эффективности жилых и общественных зданий в России является приоритетной задачей российской экономики. Здания, строения, сооружения должны соответствовать требованиям энергетической эффективности, которые определены федеральным законом от 23 ноября 2009 года № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Разработка и апробация расчетно-экспериментальной методики инструментального энергообследования зданий и сооружений ВоГУ – одна из основных задач НОЦ «Проблемы современной техносреды».

Цель данного исследования заключается в повышении энергетической эффективности системы теплоснабжения учебного корпуса № 5 ВоГУ путем внедрения энергосберегающих мероприятий.

Работа выполняется в рамках междисциплинарной ВКР по аудиту имущественного комплекса университета с разработкой сберегающих мероприятий (приказ №02.00-70/0581 от 31.10.2019).

Знакомство с документацией, расходами энергоресурсов на теплоснабжение и визуальное обследование данного корпуса выявило ряд проблем, в т.ч.: высокие затраты на теплообспечение здания, отклонение в работе системы отопления по обеспечению нормируемого температурного режим воздуха в помещениях, а также ухудшение теплотехнических качеств ограждений конструкций.

По аналогии с ранее проведенными работами [1, 2], поставлена задача расчетно-экспериментального исследования теплозащиты здания и эффективности системы теплоснабжения с последующей разработкой технико-экономических показателей реализации энергосберегающих мероприятий, в т.ч. проведение экспериментальных исследований с применением методов неразрушающего контроля теплозащитных свойств конструкции здания.

В данной работе приведены результаты натурного тепловизионного исследования эффективности теплоограждающих конструкций здания с выявлением отклонений и дефектов с применением методов неразрушающего контроля. Визуализация тепловых полей и измерение температуры при тепловизионном обследовании наружных ограждающих конструкций выполнялось с применением оптико-электронного тепловизора Testo 875-2 и пирометра Testo

830-T1 с применением методики [3] в три этапа: 30.01.2020, 7.02.2020, 8.02.2020.

Натурные обследования проводились при отрицательной температуре наружного воздуха и положительной температуре внутреннего воздуха, при отсутствии атмосферных осадков, тумана, солнечных бликов и других подобных природных явлений. Погодные условия удовлетворяли требованиям проведения тепловизионного обследования. Температурный напор составил не менее 15 ℃.

Термограммы обследуемых конструкций здания приведены ниже с кратким анализом полученных результатов. В правой части термограмм располагается температурная шкала. Это позволяет наиболее наглядно представить распределение температуры на поверхности объекта.

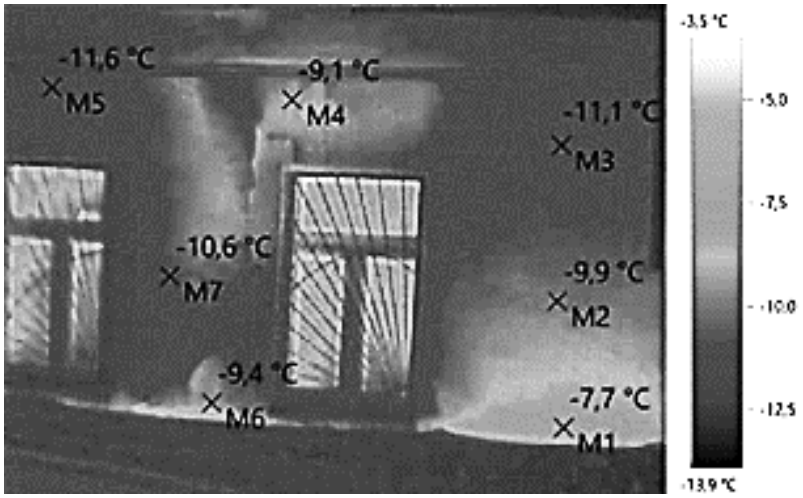


Рис. 1. Термограмма: фрагмент обследуемой части восточного фасада

Тепловизионное обследование (рис. 1) фасадов учебного корпуса № 5 состоялось 8 февраля 2020 г. при температуре наружного воздуха -11,5 ℃.

В соответствии с рисунком 1 выявлены неоднородности теплового поля поверхности ограждающей конструкции восточного фасада учебного корпуса № 5 Вологодского государственного университета по адресу ул. Ленина, д. 15, которые можно объяснить отслаиванием, вздутием, растрескиванием штукатурного покрытия.

На рисунке 1 прослеживаются области максимальных тепловых потерь через цокольную часть объекта исследования (М1, М6). Вывод по термограмме (рисунок 1): необходимо утеплить цокольную часть здания и восстановить ограждающую конструкцию, этим увеличив сопротивление теплопередаче наружной стены здания. Оценка технического состояния обследуемых ограждающих конструкций (наличия или отсутствия слоя тепловой изоляции, фактические термические характеристики) может быть выполнена при техническом обследовании (демонтажные работы и т.д.).

Тепловизионное обследование (рис. 2) состояния ограждающих конструкций внутри помещений учебного корпуса состоялось 7 февраля 2020 г. при температуре наружного воздуха составила -15,0 ℃.

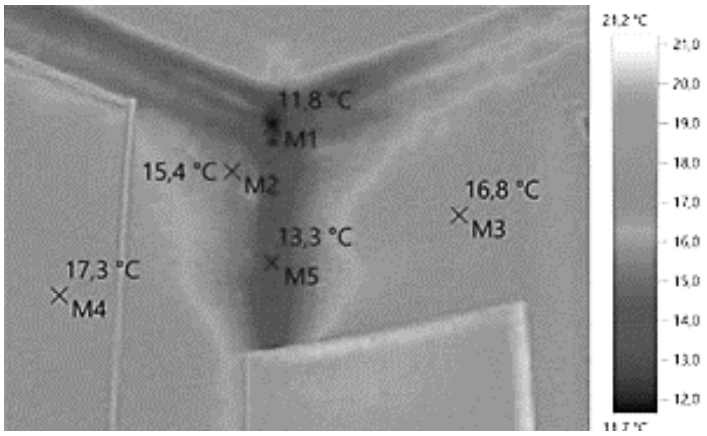


Рис. 2. Термограмма: фрагмент наружной стены кабинета № 342

В соответствии с рисунком 2 (М2–М4) радиационная температура поверхности ограждающих конструкций ниже расчетной температуры внутренней поверхности $\tau_в$=18,8 ℃ при температуре внутреннего воздуха t_{int} =20 ℃ и температуре наружного t_{ext}= -15 ℃.

На рисунке 2 обнаружены зоны возможного образования конденсата (М1, М5), так как температура в данных реперных точках равна или ниже возможной температуры точки росы.

Вывод по термограмме (рисунок 2): низкая температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций свидетельствует о наличии тепловых потерь. Появление влаги на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций может стать причиной дальнейшего понижения уровня тепловой защиты помещения и постепенному падению температур внутреннего воздуха и поверхностей ограждений, а также расширению зон образования плесневелых грибов.

Выводы по работе.

Представленные результаты натурного тепловизионного исследования эффективности теплоограждающих конструкций здания учебного корпуса № 5 ВоГУ по адресу ул. Ленина, д. 15 с применением методов неразрушающего контроля позволили выявить существующие отклонения и дефекты. Часть результатов представлена в данной публикации, полный отчет будет подготовлен по итогу диссертационной работы в виде ВКР с соответствующими разделами технического и экономического характера.

Результаты станут основой для проведения дальнейших исследований и разработки мероприятий по повышению эффективности систем теплоснабжения с технико-экономическим их обоснованием, а также могут быть использованы при принятии решений со стороны администрации образовательной организации.

1. Синицын, А. А. Математическое моделирование автономной системы теплоснабжения здания / А. А. Синицын, В. И. Игонин, А. А. Плеханов // Энергетика, экология, экономика средних и малых городов: Проблемы и пути их решения. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации – федеральный информационно-аналитический центр оборонной промышленности, 2003. – С. 34–37.

2. К построению математической модели энергетического баланса здания / В. И. Игонин, А. А. Плеханов, А. А. Синицын [и др.] // Вузовская наука – региону : материалы Первой общероссийской научно-технической конференции. – Вологда : Вологодский государственный технический университет, 2003. – С. 371–374.

3. Синицын, А. А. Основы тепловизионной диагностики теплопотребляющих объектов строительства : учебное пособие / А. А. Синицын, Д. Ф. Карпов, М. В. Павлов. – Вологда : ВоГТУ, 2013. – 156 с.

СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА АЭС

А.С. Невгень
Научный руководитель ***Е.А. Лебедева****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Развитие атомной энергетики относится к числу перспективных инструментов либерализации отечественной региональной экономики. В настоящее время госкорпорация «Росатом» является лидером в области внедрения инноваций и активно участвует в выполнение национальных проектов и программ по повышению экологической безопасности и ресурсосбережению. Национальный проект «Экология», в реализации мероприятий которого принимают участие предприятия госкорпорации «Росатом», нацелен на внедрение новых стандартов качества среды обитания в гидросфере, атмосфере, снижению объёмов техногенных образований и отходов.

Атомные электростанции в случае безаварийной работы оказывают наименьшее влияние на окружающую среду по сравнению с другими предприятиями топливно-энергетического комплекса. Но в связи с тем, что совершенно безопасной энергетики не существует, на территории атомной электростанции и за её пределами наблюдаются следующее негативные воздействия:

- тепловое загрязнение;
- изменение условий землепользования и эксплуатации природных ресурсов на прилегающей территории;
- химическое воздействие АЭС;

- загрязнение окружающей среды радионуклидами;
- ионизирующие излучения при выводе станции из эксплуатации с нарушением правил демонтажа и дезактивации.

Одним из самых масштабных загрязнений и факторов влияния на качество среды обитания прилегающей к АЭС территории является тепловое загрязнение, возникающее при функционировании систем охлаждения АЭС. Данное загрязнение влияет на микроклимат, гидрологический и гидрохимический режим водных объектов на сопряжённой территории, качество среды обитания флоры и фауны в радиусе нескольких километров от АЭС.

Тепловое загрязнение является следствием низкого коэффициента полезного действия энергетического оборудования и сооружений систем охлаждения АЭС. На современных атомных электростанциях КПД составляет примерно 30–35 %. Данный показатель связан с тем, что большая часть тепловой энергии отводится в окружающую среду.

Реакторы с водяным охлаждением, в зависимости от их размера, мощности и типа, требуют различного потребления водных ресурсов. Баланс водопотребления и водоотведения атомных электростанций по данным отчётов экологической безопасности за 2019 год представлен в таблице.

Таблица

Водопотребление на атомных электростанциях

Наименование АЭС	Тип реактора	Водозабор из природных источников, км^3/год	Объем сброса сточных вод, км^3/год / % от водозабора	Потери воды на испарение,%	Доля оборотного водоснабжения и повторного использования воды, %/потери на испарение км^3/год
Балаковская АЭС [1]	ВВЭР-1000	61,72	13,30 / 22	-	0,1/57,48
Белоярская АЭС [2]	БН-600 БН-800	1,43	0,61/43	5	14/-
Курская АЭС [3]	РБМК-1000	65,93	5,39/9	7	-
Кольская АЭС [4]	ВВЭР-440	1162,64	1151,16/99	0,05	34/-
Билибинская АЭС [5]	ЭГП-6	1,59	0,40/25	-	-/0,29
Калининская АЭС [6]	ВВЭР-1000	73,88	3,61/5	0,3	99/-
Ростовская АЭС [7]	ВВЭР-1000	102,2	40,75/40	2	26/66,86
Смоленская АЭС [8]	РБМК-1000	3,93	3,73/95	29	-

Данные водопотребления, представленные в таблице, можно разделить на две основные предметные области:

1. Использование специально подготовленной или исходной воды водоисточника для систем охлаждения (представляет собой большую часть водопотребления в течение всего срока службы атомной электростанции).

2. Использование технической воды и воды питьевого качества для обслуживания и эксплуатации установок (производства деминерализованной воды для подпитки защитных контуров, санитарной воды, пожаротушения, орошения и др.).

По итогам анализа данных по водопотреблению и водоотведению действующих АЭС на территории Российской Федерации следует заметить, что на некоторых АЭС осуществляется однократное использование водных ресурсов.

Инженерно-техническим решением, позволяющим устранить проблему, существенно снизить термальное загрязнение и свести к минимуму негативные воздействия на окружающую природную среду, а также уменьшить водопотребление в технологическом процессе АЭС, является использование замкнутого оборотного цикла с сухим охлаждением с естественной или механической тягой, техническое решение которого представлено на рисунке.

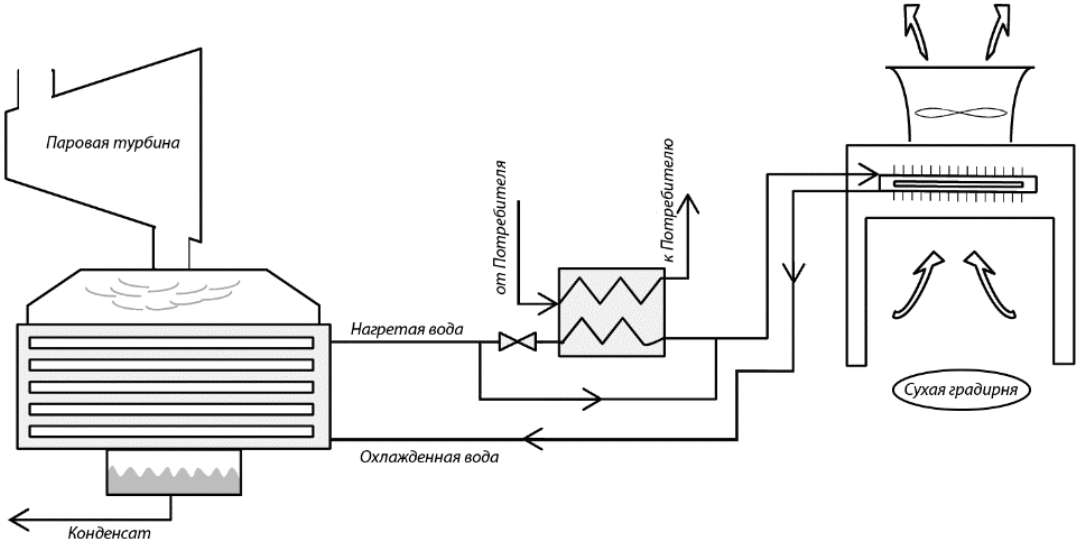


Рис. Техническое решение системы охлаждения конденсаторов АЭС

Также кардинальным решением проблемы теплового загрязнения является утилизация части тепловой энергии путём направления её потребителю с использованием теплообменного пункта, либо напрямую к потребителю. Для Российской Федерации с ее холодным климатом перспектива использования низкопотенциального сбросного тепла объектов энергетики является очень актуальной.

Предложенная технологическая схема организации оборотного водоснабжения в системе охлаждения имеет следующие преимущества:

1. Сухие градирни не увеличивают процент влажности.

2. Нет выброса вредных веществ в атмосферу и гидросферу.

3. Система оборотного водоснабжения позволяет предприятиям уменьшить забор воды из природных источников.

4. Снижение платы за водозабор из природных источников и сброс сточных вод, содержащих загрязняющие вещества.

Таким образом, предлагаемые нами технические решения на основе результатов проведённых исследований позволяют снизить экологические риски и повысить уровень ресурсосбережения в водном хозяйстве атомных электростанций.

1. Отчет по экологической безопасности Балаковской АЭС за 2019 год. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/651/651ffa4cca6c3fa09fb9ef43aad69601.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

2. Отчет по экологической безопасности Белоярской АЭС за 2019 год. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/bc2/bc2f5e52053166074843830 0e14c3272.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

3 Отчет по экологической безопасности Курской АЭС за 2019 год. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/ecf/ecfde6ef70d966edf800f158 8b900d36.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

4. Отчет по экологической безопасности Кольской АЭС за 2019 год. – URL: https://www.rosatom.ru/upload/iblock/e70/e7046ee3fb0665efd802cf894ee1fa65.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

5. Отчет по экологической безопасности Билибинской АЭС за 2019 год. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/afe/afeb8bbcc37fc02326e463f7b8651dc5.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

6. Отчет по экологической безопасности Калининской АЭС за 2019 год. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/93f/93f7da0a995f1c0f5fea7dc3e03a9b78.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

7. Отчет по экологической безопасности Ростовской АЭС. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/f4a/f4a1e39cfd9a4a8a940a6be028ba1f29.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

8. Отчет по экологической безопасности Смоленской АЭС за 2019 год. – URL: https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/7eb/7eb14a20f1cc79b022def1d77a3ce7fb.pdf (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Д.А. Осипов
Научный руководитель ***Е.А. Лебедева****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Анализ и оценка рисков в современных условиях становится реальным механизмом принятия решений в различных сферах деятельности. В РФ риск-ориентированный подход законодательно определён в качестве основного при реализации контрольно-надзорной деятельности в рамках проведения административной реформы. Применение такой методологии в области промышленной безопасности позволяет не только избегать чрезвычайных ситуаций, но и повышать качество административно-хозяйственных, технических и технологических решений, а также устанавливать приоритеты в деятельности с учётом угроз, последствий от реализации опасностей. Информация о существующем риске позволяет увидеть новые возможности и альтернативы в развитии.

В топливно-энергетическом комплексе России современная атомная энергетика является системообразующей. В настоящее время она является эпицентром разработки и реализации инновационной технической политики, связанной не только с решением задач в топливно-энергетическом комплексе, но и предлагающей новые подходы к ресурсосбережению и охране окружающей среды. Способ производства электроэнергии на основе ядерного топлива успешно конкурирует с «зелёной» энергетикой. В перспективе в нашей стране к 2030 г. доля атомной генерации в производстве электроэнергии должна быть доведена с современных 18,6 % в до уровня 23–25 % от общего объема. Экологическим преимуществом атомной энергетики является существенное сокращение в производстве выбросов в атмосферу загрязняющих вредных веществ от сгорания органического топлива, в том числе парниковых газов.

Стратегическое и среднесрочное планирование, бюджетирование и инвестиционное планирование развития бизнеса в госкорпорации «Росатом» выполняется на основе риск-ориентированного подхода. В том числе данный поход применяется для планирования и определения приоритетов реализации природоохранных мероприятий. В комплексном подходе к управлению риском в «Росатом» применяется национальный стандарт РФ: ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска». Методология данного стандарта использована нами для анализа экологических рисков в системах водоснабжения и водоотведения АЭС.

Анализ отчета по экологической безопасности Балаковской, Белоярской, Курской, Кольской, Билибинской, Калининской, Ростовской, Ленинградской,

Смоленской, Нововоронежской атомных электростанций показывает, что их суммарное водопотребление составляет более 5800 км^3 воды из природных водоисточников. Объём сбросов сточных вод составляет 5389 км^3. Эта сумма определена с учётом поверхностного стока атмосферных осадков, выпадающих на территориях АЭС. Потери воды на испарение в системах оборотного водоснабжения доходят до 30 % от объёмов водопотребления (например, на Смоленской АЭС). Такое водопользование нельзя признать рациональным. Кроме того, сброс сточных вод также составляет существенную величину, а со сточными водами в природные водные объекты сбрасывается целый спектр загрязняющих веществ.

Проведённый анализ отчетов экологической безопасности показал, что компания «Росатом» является глобальным технологическим лидером на рынках услуг ядерного топлива, обращения с отработанными ядерными и радиоактивными отходами. Однако в области водопользования успешных технологических и технических решений недостаточно. Для систематизации экологических проблем и логического анализа существующего в этой области риска нами был использован метод «Галстук-бабочка», рекомендуемый в ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Основные экологические проблемы атомных электростанций – это:

- утечки воды и выбросы загрязнений в окружающую среду;
- ухудшение условий среды обитания гидробионтов в природных водоемах-водоисточниках;
- тепловое загрязнение атмосферы и гидросферы.

Анализ развития экологических рисков от инициирующих воздействий до последствий представлен на логической модели (рис.).

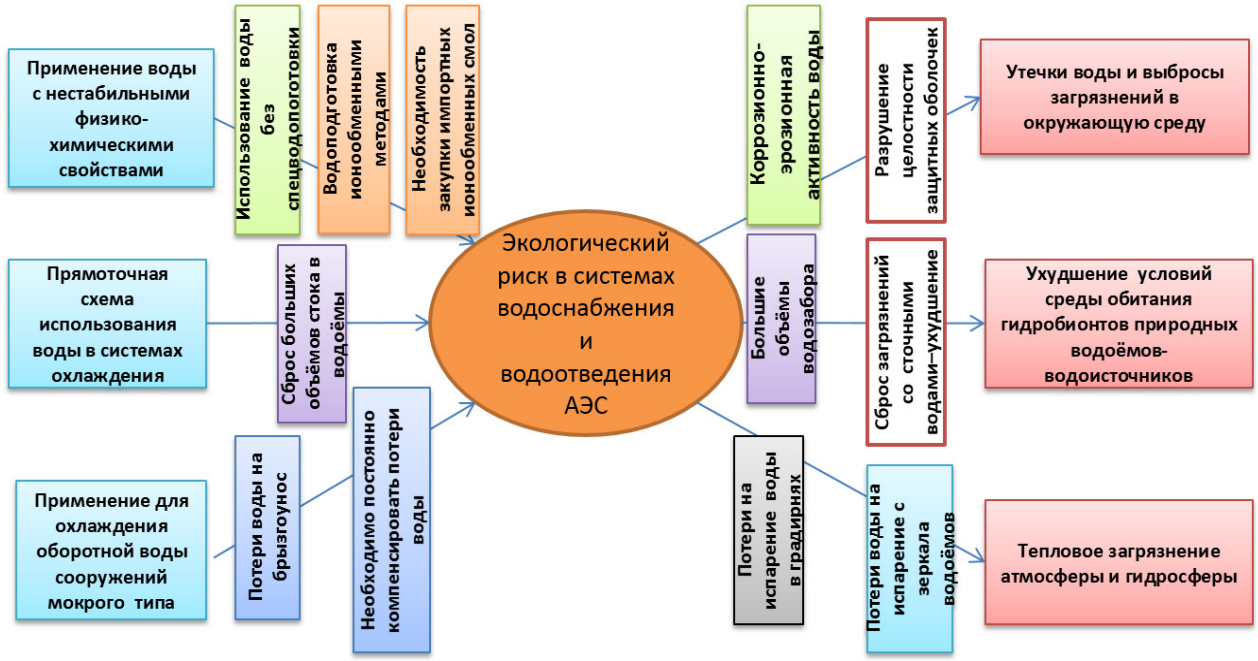


Рис. Логическая модель экологического риска в системах водоснабжения и водоотведения АЭС

Анализ водного хозяйства атомных электростанций показал низкую эффективность использования воды в системах технического и хозяйственно-бытового водоснабжения и водоотведения. На большинстве АЭС системы водоснабжения прямоточные. Вывод о низкой эффективности в водопользовании на большинстве АЭС подтверждается сформулированной в отчете «Росатома» стратегической целью в области экологии: «минимизация загрязнений и отрицательного влияния на экосистемы, снижение объема использования водных ресурсов, а также реализация возможностей применения замкнутого производственного цикла». Для успешного решения данной проблемы необходима разработка новых технических и технологических решений организации водного хозяйства.

1. Экологический менеджмент. – URL: https://www.rosenergoatom.ru (дата обращения: 20.11.2020). – Текст : электронный.

2. Информационно-аналитические услуги в области прогнозирования развития электроэнергетики России. – URL: http://www.e-apbe.ru (дата обращения: 20.11.2020). – Текст : электронный.

3. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска : национальный стандарт Российской Федерации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200170253 (дата обращения: 20.11.2020). – Текст : электронный.

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭЖЕКЦИОННОГО КОНДИЦИОНЕРА-ДОВОДЧИКА

Г.И. Парфенов, И.С. Трухин

Научные руководители: ***В.К. Пыжов****, канд. техн. наук, доцент,*
Н.Н. Смирнов*, ст. преподаватель*

Ивановский государственный энергетический университет
г. Иваново

В настоящее время актуальным вопросом является создание многозональных систем поддержания микроклимата. Иногда в ряде обслуживаемых зон, связанных с нервно-эмоциональным режимом работы, целесообразно поддержание динамического микроклимата. При создании динамического микроклимата температура и подвижность воздуха внутри помещения непрерывно изменяются во времени по синусоидальному закону.

Изменение данных параметров снижает утомляемость персонала, повышает его сосредоточенность, работоспособность и производительность труда. Сокращение потребления тепловой и электрической энергии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха при условии поддержания требуемых параметров микроклимата в помещении приводит к значительной экономии денежных средств [1]. Совместное увеличение производительности

труда и снижение затрат топливно-энергетических ресурсов приводят к уменьшению себестоимости продукции, производимой на промышленных предприятиях. Данная задача является особенно актуальной для экономики Российской Федерации с высокой энергоёмкостью отечественной продукции.

Для организации вышеуказанного микроклимата необходимо применение источников теплоты и холода, работающих в динамическом режиме.

В качестве таких зональных источников могут использоваться фэнкойлы. Наиболее перспективными на наш взгляд являются эжекционные кондиционеры-доводчики (ЭКД), предложенные в [2]. Конструкция данного ЭКД представлена на рисунке 1.

Необходимо отметить, что эта конструкция обладает рядом недостатков, среди которых следует отдельно выделить высокое значение требуемого давления первичного воздуха перед ЭКД. Скорость первичного воздуха на выходе из сопел 5 должна быть не менее 12–20 м/с. Для обеспечения требуемого уровня эжекции давление первичного воздуха перед ЭКД (в зависимости конструкции сопел и схемы обработки воздуха в ЭКД) достигает 150–500 Па [2].

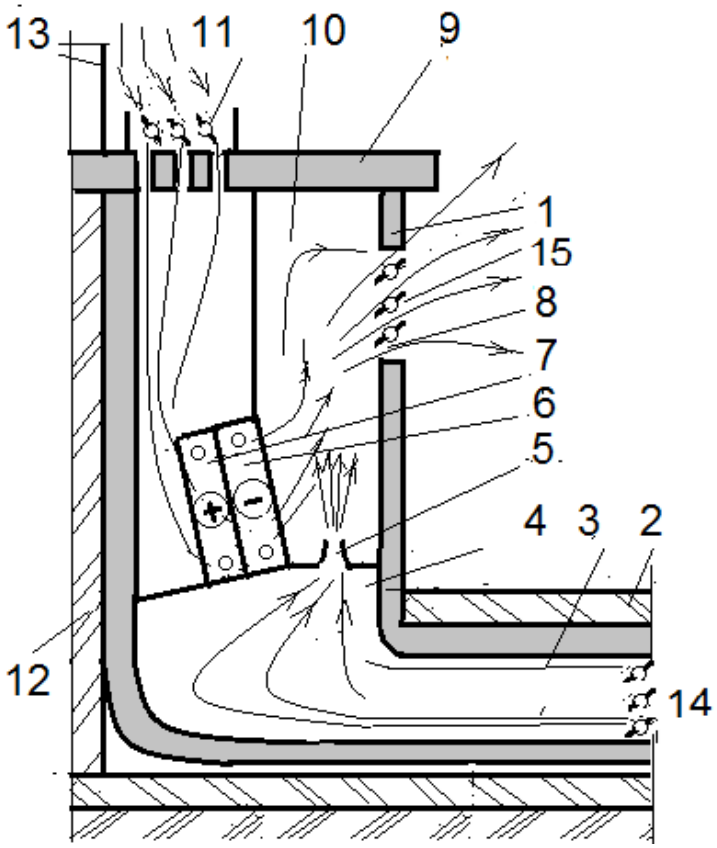


Рис. 1. Эжекционный кондиционер-доводчик с нагревом и охлаждением рециркуляционного воздуха: 1 – короб ЭКД; 2 – конструкция пола; 3 – канал первичного воздуха; 4 – камера первичного воздуха; 5 – сопло; 6 – воздухонагреватель рециркуляционного воздуха; 7 – воздухоохладитель рециркуляционного воздуха; 8 – клапан приточного воздуха; 9 – подоконник с отверстиями для пропуска рециркуляционного воздуха (после контакта со стеклом 13); 10 – камера смешения; 11 – поток рециркуляционного воздуха; 12 – наружная ограждающая конструкция; 13 – стекло окна; 14 – клапан первичного воздуха; 15 – клапан приточного воздуха

Во многих случаях более эффективно использование эжектирующего действия первичного воздуха при схеме с малым сопротивлением движению эжектируемого потока.

В разработанной авторами конструкции ЭКД [3] применяется схема с малым сопротивлением движению эжектируемого потока, позволяющая уменьшить требуемое значение давления первичного воздуха (рис. 2).

Эффективность работы предложенной конструкции подтверждается результатами математического моделирования в программном комплексе COMSOL MULTIPHYSICS. При моделировании использовался метод конечных элементов. При описании модели были реализованы различные модели турбулентности.

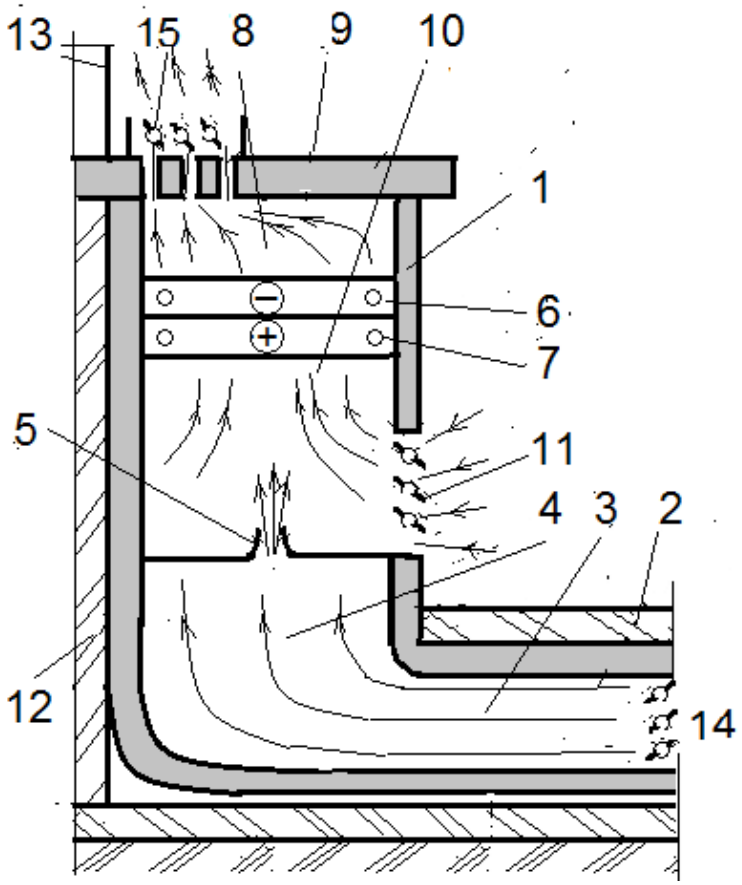


Рис. 2. Эжекционный кондиционер-доводчик с нагревом и охлаждением смеси рециркуляционного и первичного воздуха: 1 – короб ЭКД; 2 – конструкция пола; 3 – канал первичного воздуха; 4 – камера первичного воздуха; 5 – сопло; 6 – воздухонагреватель рециркуляционного воздуха; 7 – воздухоохладитель рециркуляционного воздуха; 8 – клапан приточного воздуха; 9 – подоконник с отверстиями для пропуска рециркуляционного воздуха (после контакта со стеклом 13); 10 – камера смешения; 11 – поток рециркуляционного воздуха; 12 – наружная ограждающая конструкция; 13 – стекло окна; 14 – клапан первичного воздуха; 15 – клапан приточного воздуха

1. Зайцева, Е. А. Расчет мероприятий по повышению энергетической эффективности / Е. А. Зайцева, С. В. Лукин // XIII Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых : материалы межрегиональной научной конференции : в 2 томах. – Вологда : ВоГУ, 2019. – Т. 1. – С. 355–357.

2. Кокорин, О. Я. Установки кондиционирования воздуха. Основы расчета и проектирования / О. Я. Кокорин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1978. – 264 с.

3. Пыжов, В. К. Испытание и наладка систем технологического и комфортного микроклимата : учебное пособие / В. К. Пыжов ; ФГБОУВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина. – Иваново : ИГЭУ, 2017. – 204 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АРГОНА

И.А. Прокофьев

Научный руководитель ***В.Д. Коршиков****, д-р техн. наук, профессор*

Липецкий государственный технический университет

г. Липецк

На данный момент имеется проблема при работе узла чистого аргона ВРУ АКАр-40/35. В 2008 году компания ПАО «Криогенмаш» модернизировала узел чистого аргона для увеличения производительности воздухоразделительной установки по аргону с 200 $м^3$/ч до 1000 $м^3$/ч. Но произошло увеличение концентрации кислорода при норме – до 5 ppm O_2. Поэтому изучив полностью работу данного узла и технологические анализы, можно сделать вывод, что в узле чистого аргона в колонне технического аргона не происходит получение аргона заданной концентрации.

Основными задачами работы являются рассмотрение всех возможных способов модернизации данного узла по аргону, выполнение экономического расчета и определение срока окупаемости выбранного способа.

Основные технические решения, прилагаемые в работе:

- увеличить высоту ректификационной колонны технического аргона (не получаем аргон заданной концентрации);

- проверить расположение насадок, опорных и фиксирующих решеток (на ВРУ № 17 Кислородного отделения № 2 ПАО «НЛМК» такая проблема существовала, жидкость неравномерно стекала по колонне, это приводило к ухудшению анализов);

- предусмотреть в верхней колонне несколько мест отбора аргонной фракции (с нескольких тарелок).

Диаграмма (рис.) показывает результаты расчета после модернизации. По диаграмме и формулам можно рассчитать высоту колонны, которая составляет 42,9 м. Полученная высота является больше, чем есть в настоящий момент – 40 м.

В состав капитальных затрат входят затраты на: приобретение оборудования и инвентаря, строительно-монтажные работы и прочие работы. В таблице указаны все затраты. Строительно-монтажные работы и прочие работы составляют 40 % от всех капитальных затрат на приобретение оборудования [2].

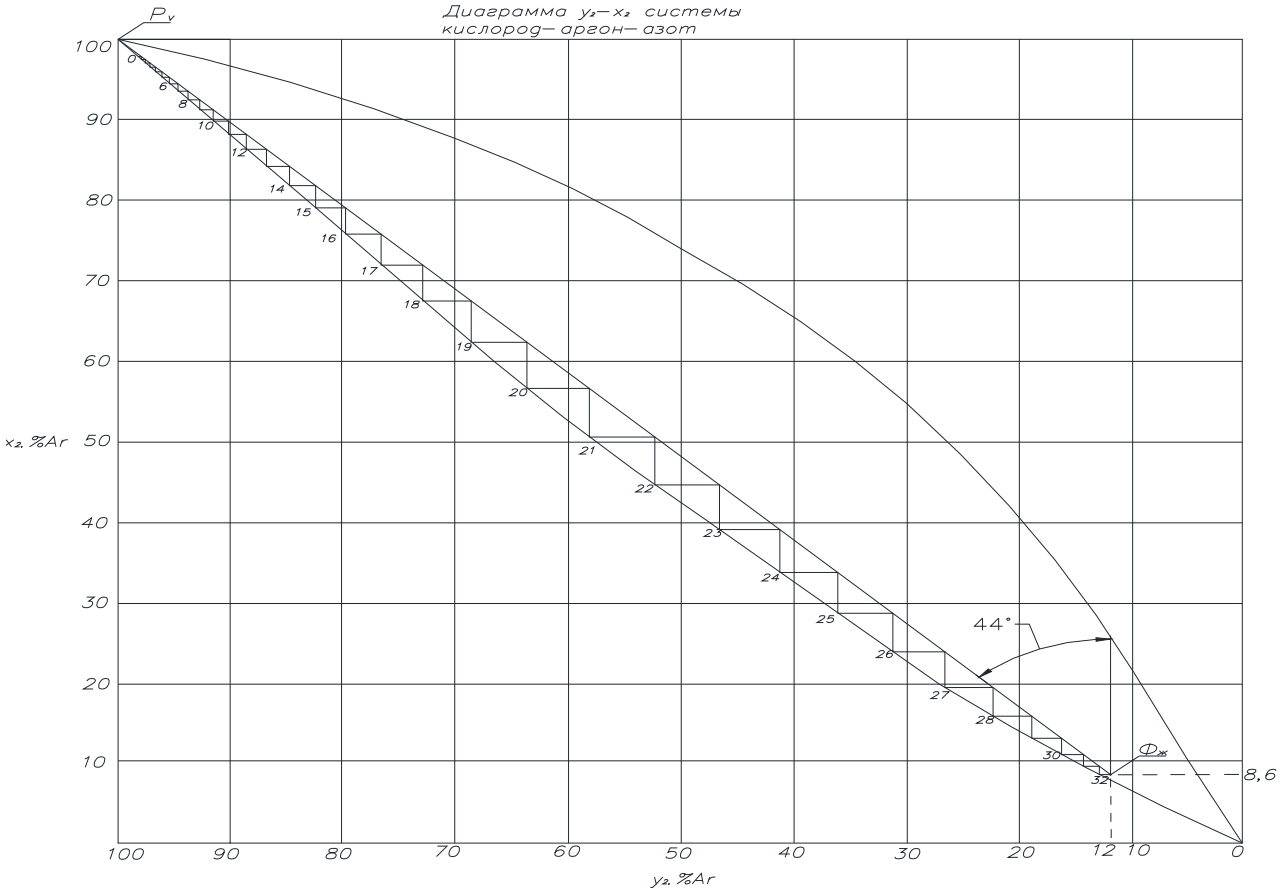


Рис. Расчет количества тарелок после модернизации

Таблица

Перечень необходимых материалов и оборудования

Наименование элемента	Сумма, млн руб.
Основное технологическое оборудование (ректификационная насадка)	52
Вспомогательное оборудование (коллектор и распределитель)	32
Засыпка перлита	6
Строительно-монтажные работы	18
Прочие работы	18
Итого:	126

Сумма капитальных затрат на приобретение оборудования и инвентаря: Кинв = 90 млн руб.

Затраты на строительно-монтажные работы и транспортировку принимаются 20 % от суммы капитальных затрат на приобретение оборудования и инвентаря[1]: Кстр = 18 млн руб.

Прочие затраты составляют 20 % от суммы капитальных затрат [2]:

Кпр =18 млн руб.

Суммарные капитальные затраты:

$$К= Кинв+ Кстр+Кпр=90+18+18=126 \text{ млн руб.} \quad (1)$$

При увеличении высоты колонны получаем производительность технического аргона необходимой концентрации V=1000 м^3/ч. Таким образом, производительность аргона составит:

$$1000 \text{ м}^3/\text{ч} = 24000 \text{ м}^3/\text{сут} = 8760000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Найдем производительность по жидкости, зная плотность аргона, ρ=1,78 кг/м^3:

$$m = \rho \cdot V = 1{,}78 \cdot 8760000 = 15592{,}8 \text{ т/год.} \quad (2)$$

Стоимость 1 т аргона приблизительно равно 8 тыс. руб. Экономия составит:

Э = 124,742 млн руб/год = 341,759 тыс. руб/сут.

Рассчитаем срок окупаемости:

$$t = \frac{К}{Э} = \frac{126000000}{341759} = 369 \text{ дней.} \quad (3)$$

В результате проведенных расчетов получено, что одним из возможных способов повышения эффективности работы колонны является увеличение её высоты. Также имеются и другие способы увеличить концентрацию аргона:

- проверить расположение насадок, опорных и фиксирующих решеток (на вероятность неправильной фиксации);
- предусмотреть в верхней колонне несколько мест отбора аргонной фракции.

Таким образом, увеличив высоту колонны, получим производительность V=1000 м^3/ч. Это обеспечит экономию в 341,759 тыс. руб/сут.

Все затраты на совершенствование работы колонны окупятся через 369 дней, что является хорошим результатом, так как средняя окупаемость модернизации оборудования составляет от года до трех лет.

1. Манюгин, А. П. Методические указания по выполнению экономической и организационной частей дипломного проекта для студентов специальности «Промышленная теплоэнергетика» / А. П. Манюгин. – Липецк, 1983. – 44 с.

2. Проектирование систем контроля и автоматического регулирования металлургических процессов : учебное пособие для вузов / Г. М. Глинков, В. А. Маковский, С. Л. Лотман, М. Р. Шапировский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Металлургия,1986. – 352 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е.А. Рогачева, А.И. Прокофьев
Научный руководитель ***И.В. Рогачев****, канд. ист. наук, доцент*
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
г. Архангельск

Стратегические задачи, поставленные перед освоением Русской Арктики, в перспективе предполагают развертывание в данном регионе национальных проектов по разработке различных видов ресурсов, развитию транспортной и энергетической инфраструктуры. Но эксклюзивность территорий с давних пор осложняла их освоение, и даже сейчас, в век развития новейших технологий, множество факторов осложняют путь к развитию полноценной инфраструктуры данных территорий. Но тем не менее существует множество интереснейших проектов в области транспорта и энергетики, которые при их воплощении в жизнь помогут совершить прорыв в освоении Арктики.

Русская Арктика как регион характеризуется не только своим значением, но и многочисленными особенностями климатического, хозяйственного и энергетического характера, осложняющими её промышленное и хозяйственное освоение, такими как: экстраординарные природные условия, холодный климат; непредсказуемость влияния чрезвычайных ситуаций и техногенной деятельности человека на экосистему; малая плотность населения, неравномерно распределённого по региону; отсутствие круглогодичной связи между отдалёнными населёнными пунктами, их удалённость от крупных агломераций; а также потребность населения и различных отраслей промышленности в поставках энергоресурсов, продовольствия и товаров первой необходимости.

Исходя из данных особенностей Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), можно поставить основную цель развития региона: создание развитой транспортной инфраструктуры, способной в максимально короткие сроки и с минимальным уровнем затрат доставить грузы к конечным потребителям.

Низкое техническое состояние и высокая степень износа подвижного состава, устарелость и неэкологичность характеризуют современное состояние транспортной отрасли в части Российской Федерации, относящейся к АЗРФ. Большая часть грузов поставляется с помощью речного и морского видов транспорта, а это означает, что как минимум два раза в год, во время осеннего ледостава и весеннего ледохода, жители отдалённых районов и островов (Норильский район, Якутия, Чукотка) не имеют связи с материком [2].

В связи с большой долей востребованности водного транспорта в арктических зонах, в последние тридцать лет Россией предпринимаются различные

шаги по коллаборации с зарубежными странами для получения Северным морским путём статуса международного транспортного коридора. Для этого организовывались научные экспедиции с привлечением участия промышленных и энергетических фирм, а также научно-исследовательских институтов и организаций. Примерами подобных экспедиций могут быть: INSROP (1993–1999 гг.), «Арктический демонстрационный рейс» ARCDEV (1997–1998 гг.), ARCOP (2003–2005 гг.) и так далее [3, 4].

С 1993 г. Россия входит в Рабочую группу по развитию СМП в Совете Баренцева Евроарктического региона (БЕАР), где проводится реализация планов по развитию транспортной сети в Баренцевом регионе. В ходе работы данной организации был создан документ «Приграничные дорожные коридоры», который хоть и носит только рекомендательный характер, даёт надежду на осуществление многих проектов приграничных маршрутов Баренцева региона, таких как «Ботанический коридор», «Северный морской коридор», «Магистраль Балтийского моря», «Синий путь», Мурманск-Райа-Йоосеппи-Ивало и другие.

В основу этих проектов со стороны России были положены такие документы, как: Стратегия развития железных дорог в Российской Федерации до 2030 года, Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы Российской Федерации (2010–2020 гг.)», Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, Государственная программа Российской Федерации «Развитие транспортной системы», Морская доктрина Российской Федерации и другие [5].

Также, помимо работ над улучшением судоходных путей, существует множество проектов, находящихся на разной стадии реализации и призванных улучшить трубопроводную, железнодорожную, авиационную и автомобильную составляющие транспортной системы Русской Арктики.

Трубопроводный транспорт в сухопутной части данной территории характеризуется наибольшим количеством товарооборота. Из существующего количества проектов стоит отметить строительство самого северного нефтепровода Заполярье – Пурпе – Самотлор длиной 485 км, самого северного в России, с пропускной способностью 45 млн т нефти в год.

Из наиболее масштабных проектов железных дорог можно отметить «Белкомур» – железнодорожную магистраль Архангельск–Сыктывкар–Кудымкар–Пермь, по которой по данным «Института экономики и развития транспорта» планируется перевозить около 36–45 млн т энергетических ресурсов и прочих грузов в год. Также существует проект ж/д магистрали «Северный широтный ход». По данному маршруту планируется доставка грузов нефтедобывающей промышленности из Нового Уренгоя.

Состояние автомобильных дорог в российской Арктике характеризуется неравномерным развитием: так, например, имеются субъекты, у которых нет круглогодичного выхода на автодорожную сеть России (Ненецкий автоном-

ный округ). На данный момент проводятся реконструкции некоторых участков трасс «Кола» и «М8». В целом, плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием в Арктической зоне Российской Федерации отстаёт от средних показателей по стране [6].

Переходя к генерирующей части снабжения арктических территорий России энергией, надо отметить, что на данный момент большинство населенных пунктов и промышленных комплексов на территории Арктики снабжены дизельными установками, топливо к которым подвозится один раз в год – зимой. Стоимость электрической энергии, получаемой от таких установок, в несколько раз больше средней стоимости за киловатт энергии в мире [7]. Стоит отметить и то, что большая часть дизельных установок выработала свой ресурс, сильно устарела, и дальнейшее их использование неблагоприятным образом влияет на экологическую обстановку региона.

Кроме дизельных электростанций, в российской зоне Арктики также построено несколько «зеленых» электростанций, и, по словам председателя комитета Государственной Думы по энергетике Павла Завального, правительство РФ планирует увеличить долю альтернативных источников в данном регионе с 1 % до 2,5 % (6 ГВт). Уже существуют проекты, находящиеся на стадии локализации, а также создана нормативно-правовая база для привлечения субсидий и инвестиций в данную отрасль.

С точки зрения экологии, проекты солнечных и ветроустановок в российской зоне Арктики бесспорно могут считаться наилучшим решением, но у размещения таких установок в арктических условиях есть ряд минусов, таких как высокий уровень эксплуатационных затрат и высокая зависимость коэффициента используемой установленной мощности от климатических условий [7]. Не менее важную роль в развитии ВИЭ (возобновляемых источников энергии) на территории Арктики играют глобальные изменения климата, происходящие из-за современного типа ведения мирового хозяйства. Трансформация природной среды, заключающаяся в уменьшении ледового покрова, изменении скорости и направления ветров, и прочие возможные перемены бросают определённые вызовы курсу экологизации энергетического сектора в Арктике, обязывая его быть гибким, чтобы вовремя подстраиваться под изменения климата.

И, наконец, существует множество интереснейших разработок российских учёных в области атомной энергетики малых мощностей, которые могут быть применимы, а некоторые и специально создавались под нужды промышленности в Арктике. Большой ассортимент различных вариаций исполнения (атомные станции могут быть и наземные, и подводные, и шельфовые, а также может быть различной их техническая начинка) и мощностей (1–50 МВт), длительная автономная работа (2,5–15 лет) – все это очевидные плюсы таких станций. Но с точки зрения экологии всё не так просто. В нормальном режиме работы станция не наносит урона окружающей среде и занимает мало места, в

отличие от солнечных или ветряных станций. Определенные сложности могут возникнуть разве что с разгрузкой отработавшего топлива и его захоронением. Но, учитывая большой цикл работы без перегрузки, а также то, что все работы, связанные с ремонтом, перегрузкой топлива и выводом из эксплуатации, перемещены с площадки размещения в специально построенные для этих целей заводские цеха, этот вариант всё равно является более предпочтительным, чем дизельные электростанции. Если вспомнить про стоимость электрической энергии, производимой такими станциями, то её вполне можно удержать на уровне 20 рублей за кВт·час, для сравнения те же дизельные электростанции производят энергию себестоимостью 30–50 кВт·час, а в районах с двухгодичным циклом доставки – до 450 руб/кВт·час.

Таким образом, опасения вызывает только возможный аварийный режим АСММ (атомной станции малой мощности), но по данным МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии), риски от возможных негативных последствий от подобной атомной станции много меньше, чем от углеродной энергетики благодаря соответствию станции новейшим требованиям, применимым к станциям 4 поколения [8].

В заключение можно сказать, что перспективность развития арктического направления вселяет надежды в то, что большинство из перечисленных выше проектов будут в том или ином виде выполнены в ближайшие десятилетия. Но суровый климат, равно как и недостаточное финансирование, заметно мешает реализации намеченных стратегий развития Арктической зоны Российской Федерации.

1. Энергетическая безопасность Арктических территорий России: Информационно-аналитический журнал для профессионалов. Региональная энергетика и энергосбережение. – URL: https://energy.s-kon.ru/razvitie-arcticheskou-zonu-3/ (дата обращения 17.10.2020). – Текст : электронный.

2. Российская Арктика: современная парадигма развития / под редакцией А. И. Татаркина. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2014. – 844 с.

3. Комков, Н. И. Направления модернизации арктической морской транспортной системы / Н. И. Комков, В. С. Селин, В. А. Цукерман // Научно-практический журнал МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2014. – № 4 (20). – С. 5–11.

4. Лебедев, Г. В. Особенности пространственной организации транспортного комплекса Арктической зоны Российской Федерации : специальность 25.00.24 «Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география»: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Лебедев Григорий Владимирович. – Санкт-Петербург, 2014. – 184 с.

5. Совместный транспортный план Баренцева региона. Предложения по развитию транспортных коридоров для дальнейшего изучения / Руководящий

комитет Баренцево / Евроарктической панъевропейской транспортной зоны (БЕАТА). – Москва, 2013. – 155 с.

6. Кондратов, Н. А. Особенности развития транспортной инфраструктуры в Арктической зоне России / Н. А. Кондратов // Географический вестник = Geographicalbulletin. – 2017. – № 4 (43). – С. 68–80.

7. Смоленцев, Д. О. Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации / Д. О. Смоленцев // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 3 (7). – С. 22–29.

8. Малая атомная генерация / Е. Н. Гольцов, Г. И. Гречко, Д. Г. Куликов [и др.] // Арктические ведомости. Информационно-аналитический журнал. – 2017. – № 4 (23). – С. 44–53.

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА РАЗЛОЖЕНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

В.А. Силинский
Научный руководитель ***Л.И. Соколов****, д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время в качестве заменителя жидкого хлора при обеззараживании в процессе подготовки питьевой воды используют хлорсодержащие реагенты, которые более безопасны и менее токсичны, чем жидкий хлор. Одним из таких реагентов является гипохлорит натрия.

Актуальность исследований обусловлена тем, что одним из наиболее предпочтительных способов обработки воды является использование гипохлорита натрия в качестве дезинфектанта, получаемого на месте его применения путем электролиза растворов хлорида натрия. В некоторых литературных источниках упоминаются способы обработки воды гипохлоритом натрия, получаемым на месте потребления путем электролиза морской воды или искусственно приготовленных растворов хлорида натрия [1]. Однако морская вода не может быть использована без предварительной очистки для производства гипохлорита натрия, пригодного для обработки питьевой воды, в силу своей загрязненности, что обуславливает повышенные финансовых расходы на обработку воды. В то же время использование искусственно-приготовленных растворов хлорида натрия обуславливается либо осложнением процесса электролиза и дозировки подачи гипохлорита натрия в обрабатываемую воду, в случае применения технического хлорида натрия с непостоянным составом, либо использованием специально-приготовленного достаточно дорогого раствора хлорида натрия из соли марки «экстра», что значительно увеличивает себестоимость технологии обработки воды [2]. При обработке питьевой воды раствор гипохлорита натрия, пригодный для ее обеззараживания, должен от-

вечать повышенным требованиям по чистоте и содержанию примесей, что в случаях применения искусственно приготовленных растворов хлорида натрия достигается использованием очищенного хлорида натрия и специально подготовленной воды, либо последующей очисткой гипохлорита натрия, что существенно увеличивает стоимость обработки питьевой воды.

Целью данной работы является изучение механизма химического разложения в процессе продолжительности хранения гипохлорита натрия, полученного электролизом хлоридных природных растворов.

Объектом данного исследования является природное сырьё – минерализованные воды подземных источников Вологодской области: артезианская скважина, расположенная на территории бальнеолечебницы им. Лебедева, с концентрацией хлоридов в воде до 200 г/л и артезианская скважина санатория «Новый источник» с концентрацией хлоридов до 20 г/л.

При исследовании процесса получения гипохлорита натрия было установлено, что концентрация активного хлора в растворе с течением времени хранения значительно снижается (происходит распад вещества) для более высоких исходных концентраций водных растворов. Причём значительное снижение концентрации наблюдается в первые сутки хранения. Так, через сутки хранения содержание активного хлора составило 70 % для исходной концентрации активного хлора 7,2 г/л, а для исходной концентрации 1,8 г/л – 54 % [3]. Замечено, что при хранении полученного электролизного гипохлорита натрия в более низких температурных условиях, процент содержания активного хлора снижается менее интенсивно [4].

В связи с этим был исследован процесс разложения гипохлорита во временном промежутке его хранения (рис. 1, 2) при разных значениях pH. Гипохлорит натрия образует в воде хлорноватистую кислоту и гипохлоритный ион в соотношениях, определяемых pH воды. Соотношение между гипохлорит-ионом и хлорноватистой кислотой определяется протеканием реакций гидролиза гипохлорита натрия:

$$CLO^- + H_2O \rightarrow HCLO + OH^- \quad (1)$$

и диссоциации хлорноватистой кислоты:

$$HCLO \rightarrow H^+ + CLO^-. \quad (2)$$

Исследования проводились при pH от 5 до 9,5, при этом доля недиссоциированной хлорноватистой кислоты снижалась до нуля при значениях pH более 9. В сильнощелочных растворах (pH=10-11) $HCLO$ разлагался по кислородному механизму:

$$CLO^- \rightarrow O + CL^-. \quad (3)$$

Образующийся атомарный кислород в силу своей высокой реакционной способности переходит в молекулярную форму и частично в озон по реакциям:

$$2O \rightarrow O_2, \qquad 2O_2 + O \rightarrow O_3. \tag{4}$$

Помимо реакции кислородного разложения $NaCLO$ при температурах ≥ 35 °С может проходить побочная реакция хлоратного разложения:

$$3CLO^- \rightarrow CLO_3^- + 2CL^-. \tag{5}$$

В области значений pH, при которых в растворе присутствует хлорноватистая кислота, саморазложение растворов активного хлора протекает по реакциям:

$$HCLO + 2CLO^- \rightarrow CLO_3^- + 2CL^- + H^+ + HCLO + CLO^- \rightarrow O_2 + 2CL^- + H^+. \tag{6}$$

При дальнейшем уменьшении pH в отсутствии ионов CLO^- разложение пойдет по реакциям:

$$3HCLO \rightarrow CLO_3^- + 2CL^- + 3H^+ + 3HCLO \rightarrow O_2 + 2CL^- + 2H^+. \tag{7}$$

При pH<3 саморазложение растворов $NaCLO$ идет с выделением молекулярного CL_2^-:

$$HCL + HCLO \rightarrow CL_2^- + H_2O. \tag{8}$$

В данной работе процесс снижения концентраций изучался в условиях кислородного и хлоратного разложений. Потери активного хлора в зависимости от температуры представлены в таблице.

Таблица

Потери активного хлора из растворов NaClO с массовой долей а.х. 15÷20 % в зависимости от температуры

Температура, °С	15	20	25	30	35
Потери активного хлора, г/л·сут	0,35	1,1	2,0	3,2	5,6

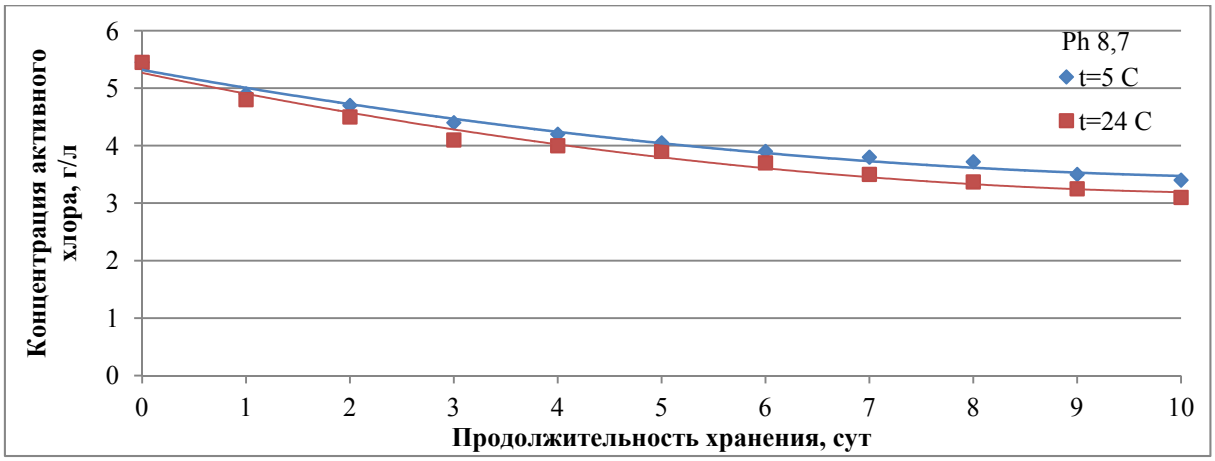


Рис. 1. Изменение концентрации активного хлора в готовом продукте от продолжительности хранения (при $Ph_{исх}$ = 8,7) при разных температурах

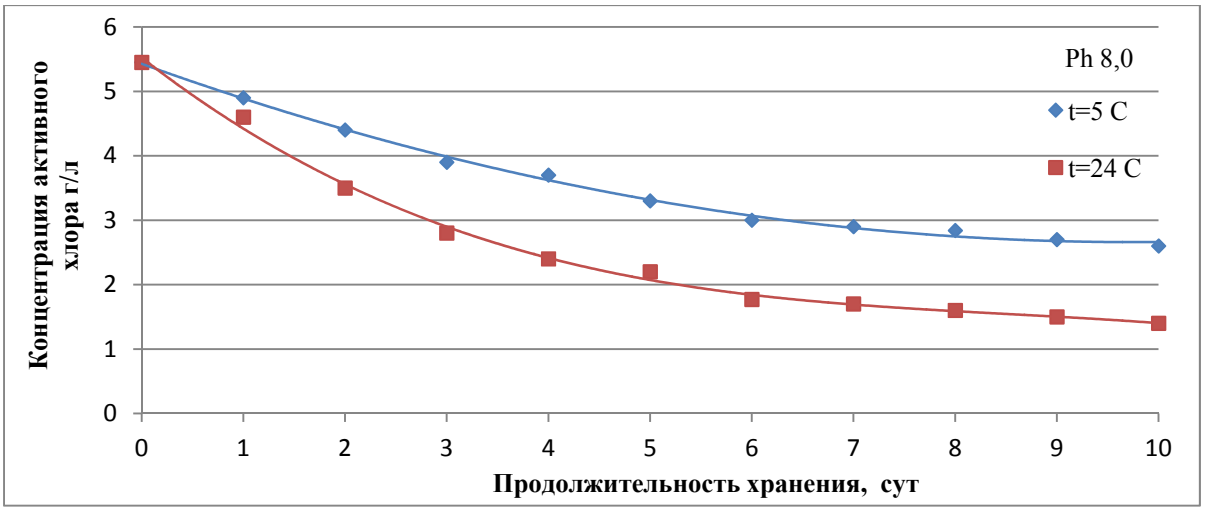


Рис. 2. Изменение концентрации активного хлора в готовом продукте от продолжительности хранения (при $Ph_{исх}$ = 8,0) при разных температурах

Таким образом, было установлено, что продолжительность хранения электролитического гипохлорита натрия снижает концентрацию активного хлора в готовом продукте. На снижение концентрации раствора влияет температурный режим хранения полученного продукта.

1. Фесенко, Л. Н. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство и применение : монография / Л. Н. Фесенко, В. В. Денисов, А. Ю. Скрябин ; под редакцией В. В. Денисова. – Новочеркасск : Лик, 2012. – 237 с.

2. Basudan, S. Sodium hypochlorite use, storage, and delivery methods: A Survey / Basudan S. // Saudi Endod Journal. – 2019. – № 9. – P. 27–33.

3. Effect of storage temperature and heating on the concentration of available chlorine and pH of 2.5 % sodium hypochlorite / Dash T., Mohan RP., Mannava Y. [et al.] // Saudi Endod Journal. – 2017. – № 7. – P. 161.

4. Силинский, В. А. Оценка технологической эффективности получения гипохлорита натрия из высокоминерализованных вод Вологодской области / В. А. Силинский, Е. А. Мезенева, С. В. Колобова // Вода magazine. – 2018. – № 6 (130). – С. 42–48.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ИХ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ

И.О. Смекалов
Научный руководитель ***Н.Г. Баширов****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
Вологда

Нахождение оптимальной конструкции стен зданий носит противоречивый характер, так как, во-первых, для увеличения прочности стен требуется материал более высокой плотности, но это, в свою очередь, повышает коэффициент теплопроводности материала ограждения стены. Высокая теплопроводность материала увеличивает тепловые потери здания, тем самым снижая энергоэффективность наружных стен. Во-вторых, сами теплоэнергетические параметры, применяемые в проектировании наружного ограждения, поразному влияют на уровень тепловой эффективности этой конструкции. Например, параметр поддержания комфортных условий микроклимата в помещении. Опыт эксплуатации зданий показывает, что многие стены зданий с надежными теплоизоляционными качествами, обладая низкой теплопотерей, в то же время не обладают достаточной тепловой устойчивостью при нестационарных воздействиях наружной температуры воздуха зимой и при колебаниях температуры среды летом.

Теория теплоустойчивости определяет величину изменения температуры воздуха в самой стене ограждения, а не в помещении здания. Значение температуры воздуха в помещении будет зависеть и от работы системы отопления, от потерь тепла стенами, бытовых и технологических тепловыделений, теплофизических свойств мебели, оборудования и т.д. А от величины температуры в комнате зависит тепловые потери здания.

Поэтому актуальным является анализ критериев теплоустойчивости наружных стен, обеспечивающих создание комфортного микроклимата помещений и одновременное снижение тепловых потерь здания.

Рассмотрим параметры микроклимата помещений, которые основаны на критерии теплоустойчивости наружного ограждения – коэффициенте теплоусвоения материала:

$$s = \sqrt{\frac{2\pi \cdot \lambda \cdot C \cdot \rho}{T}},$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала стены, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot {}^{0}\text{С}}$;

С – удельная массовая теплоемкость материала стены, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot {}^{0}\text{С}}$;

ρ – плотность материала, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

T – период колебаний теплового потока воздуха, сут.;

на тепловой инерции $D = R \cdot s$;

на величине затухания амплитуды температуры наружного воздуха

$$\nu = 0{,}9 \cdot \mathrm{e}^{\left(\frac{D}{\sqrt{2}}\right)} \frac{(s_1 + \alpha_{\text{в}})(s_2 + Y_1) \ldots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_{\text{н}} + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \ldots (s_n + Y_n) \cdot \alpha_{\text{н}}},$$

где Y_1, Y_2 – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоёв конструкции, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot {}^0\text{C}}$.

Таблица

№ п/п	Материал конструкции	ρ, кг/м^3	s, Вт/м^2·°С	R, м^2·°С/Вт	C, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot {}^0\text{C}}$	D	ν
1	Дерево (сосна поперёк волокон)	500	4,54	1,39	1150	6	137,9
2	Арболитобетон	450	2,56	2,27	630	5,82	136,7
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	6,13	0,61	840	3,74	19,1
		1200	7,57	0,48	1008	3,63	16,86
4	Кирпичная кладка из глиняного сплошного кирпича	1800	10,12	0,31	1584	3,14	11,05
5	Пенополистирол	40	0,43	6,1	53,6	2,62	62,4

По данным из таблицы, взятой из работы [1], видно, что материалы ограждения имеют большую теплоёмкость за исключением пенополистирола. В то же время значительные показатели критериев теплоустойчивости имеют дерево и арболитобетон. Они могут уменьшить амплитуду колебания температуры в зимнее время и поступление тепла в летнее в отличие от пенополистирола.

При использовании многослойной конструкции логично поместить аккумулирующий слой (с большей объёмной теплоёмкостью) с внутренней стороны, что позволит использовать его как несущую конструкцию и этот слой стабилизирует тепловой режим помещений. Затем поместить теплоизоляционный слой, который обеспечивает резкое затухание температурных волн и требуемое сопротивление теплопередаче стены и необходимый прогрев аккумулирующего слоя.

Далее мы рассмотрим влияние теплоустойчивости на амплитуду колебаний температуры внутреннего воздуха, когда стена многослойная. Необходимо также оценить, как тепловая инерция влияет на тепловые потери.

1. Береговой, А. М. Моделирование теплоустойчивости наружных ограждений для оценки тепловых потерь здания и микроклимата его помещений / А. М. Береговой, М. А. Дерина // Моделирование и механика конструкций. – 2016. – № 3. – С. 16.

ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОДОСБОРЕ НА КАЧЕСТВО ВОДОИСТОЧНИКА

И.В. Стеблева
Научный руководитель ***Е.А. Лебедева****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Суммарные эффекты воздействия на природный гидрохимический режим водного объекта составляются из сочетания отдельных природных и антропогенных факторов. Неблагоприятное сочетание этих факторов приводит к снижению качества водоподготовки.

В настоящее время в погоне за выгодой и удобством человек часто забывает подумать о последствиях загрязнения воды. Ненормативно-очищенные стоки предприятий, поступающие в водоём, в дальнейшем создают риски от химического загрязнения питьевой воды для здоровья и жизни человека и животных. Проблема формирования гидрохимического режима на водосборе водоисточника коммунальных систем водоснабжения является актуальной для здоровья населения.

Исследования по данной тематике выполняются с целью выявления факторов влияния на гидрохимический режим природных и техногенных условий на водосборе методами анализа временных рядов показателей загрязнения и стоковых характеристик поверхностного водоисточника.

Объектом исследования данной работы является гидрохимический режим водоисточника города Вологды, который в периоды интенсивного поверхностного стока с территории водосбора подвергается антропогенным воздействиям. Такие воздействия наблюдаются в периоды весеннего половодья, когда в исходной воде появляются запахи и загрязняющие вещества с территории водосбора. В 2020 году такие эффекты проявились в период оттепели в середине января в воде реки Вологды в створе водозабора. Гипотеза о связи запахов и микробиологических загрязнений в этот период с хозяйственной деятельностью на водосборе в пределах зон санитарной охраны водоисточника была подтверждена данными анализа результатов производственного контроля качества водоисточника [1].

Исходная вода из реки Вологды относятся к категории маломутных и высокоцветных, характеризующихся преимущественным содержанием гомогенных примесей. В гидрохимическом режиме такого водного объекта ярко выражена сезонность гидрологического и гидрохимического режимов. Анализ временных рядов показателей качества реки Вологды показывает, что сезонная изменчивость имеет место в статистических рядах концентраций ионов кальция, магния, хлоридов, сульфатов. Такими же закономерностями характеризуются ряды показателей перманганатной окисляемости, мутности и цвет-

ности. Такая динамика, как правило, определяется в первую очередь особенностями водного питания водоисточника. Водоисточники города Вологды имеют преимущественно дождевое и снеговое водное питание, формирующее сток на поверхности водосбора. Совместная визуализация гидрографа стока и гидрохимической характеристики реки Вологды показывает схожие тенденции в динамике показателей качества воды и гидрологических характеристик в створе водозабора.

В качестве исходной информации о гидрохимическом режиме водоисточников города Вологды использованы данные производственного контроля качества исходной воды ВОС города Вологды – реки Вологды и озера Кубенское по данным базовой лаборатории МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал» за период 2008–2017 годы (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение показателей временных рядов гидрохимических характеристик водоисточников города Вологды в интервале 2008–2017 гг.

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя в интервале 2008–2017 гг.	
		р. Вологда	оз. Кубенское
Цветность	град.	201–12 80	388–53 134,7
Мутность,	ЕМФ	149,64–0,28 6,0	25,06–1,08 7,5
Окисляемость перманганатная	мгO_2/л	32–3,81 14,9	56,87–13,7 24,8

Примечание: в таблице приводятся значение показателя в следующем порядке: максимальное – минимальное
среднее

Для сравнительного анализа изменений гидрохимического режима и оценки факторов влияния использованы ранее опубликованные данные [2] по показателям цветности, мутности окисляемости воды в период 1990–2000 годов, внесенные в таблицу 2.

Таблица 2

Сравнение показателей временных рядов гидрохимических характеристик водоисточников города Вологды в интервале 1990–2000 гг.

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя в интервале 1990–2000 гг.	
		р. Вологда	оз. Кубенское.
Цветность	град.	140–13 53	200–39 76
Мутность,	ЕМФ	19.6–0.6 3.6	21.2–0.8 3.8
Окисляемость перманганатная	мгO_2/л	25.6–1.57 10.56	40.31–3.62 16.46

Качественные показатели водного объекта формируются целым рядом факторов влияния, таких как природно-климатические условия и морфометрические характеристики поверхности водосбора, влияющие на интенсивность, показатели качества и модуль стока; механические свойства и тип почвогрунтов, влияющие на цветность и окисляемость воды; наличие объектов техносферы и порядок хозяйственной деятельности, влияющие на содержание антропогенных ингредиентов стока. Загрязнения, поступающие с водосбора и формирующие гидрохимический режим, по происхождению бывают природные и антропогенно-техногенные. Приведённые в таблицах 1 и 2 данные можно отнести к показателям природного происхождения. Сравнение и анализ информации из таблиц показывает, что в показателях загрязнения исходной воды по мутности, цветности и окисляемости и максимальные, и средние значения в период за 2008–2017 годы увеличились в сравнении с периодом за 1990–2000 годы. Если проанализировать данные по количеству атмосферных осадков за эти периоды, то можно увидеть аналогичные тенденции. То есть изменчивость природных гидрохимических характеристик связана с изменчивостью климатических характеристик. В процессе выполняемых нами исследований при изучении проводилась дифференциация данных по показателям загрязнений и их визуализация. По величине коэффициента вариации, временных рядов наблюдений за гидрохимическим режимом реки Вологды, сформированных за периоды с 2008–2017 и 1990–2000 гг., можно судить о повышении степени вариабельности и неоднородности совокупностей по показателям мутности и цветности.

Результаты проведённых исследований позволяют для водоочистных сооружений г. Вологды определить на основе совместного анализа гидрохимического и гидрологического режимов критические периоды в работе комплекса ВОС, когда показатели химического загрязнения исходной воды выходят за рамки барьерных возможностей сооружений. В эти периоды стабильный режим работы сооружений должен дополняться технологическими приёмами, позволяющими снизить риски несоответствия результата водоподготовки требованиям санитарных правил и норм и гигиенических нормативов к питьевой воде. Таким образом, анализ и прогнозирование гидрохимического режима с использованием данных производственного контроля и с учётом данных о характере хозяйственной деятельности на водосборе позволяют предотвратить технологические риски и заранее подготовиться к ухудшению качества исходной воды в водоисточнике.

1. Стеблева, И. В. Хозяйственное использование территорий в зонах санитарной охраны водоисточников / И. В. Стеблева // Молодые исследователи – регионам : материалы Международной научной конференции (Вологда, 13–23 апреля 2020 г.) : в 3 томах. – Вологда : ВоГУ, 2020. – Т. 1. – 632 с.

2. Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси : практическое пособие / М. Г. Журба, Е. А. Лебедева, Ю. Р. Приемышев, Ж. М. Говорова. – Вологда, 1998. – 104 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЕГЕНЕРАТОРА

Ю.В. Фоминых
Научный руководитель ***С.В. Лукин****, д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Стационарные переключающиеся регенеративные теплоутилизаторы (СПРТ) очень активно применяются в вентиляции различных помещений. СПРТ представляет собой компактное устройство, позволяющее утилизировать теплоту вытяжного воздуха [1]. Для побуждения движения воздуха используется реверсивный вентилятор. Теплообменный элемент–насадка представляет собой пучок каналов малых размеров поперечного сечения.

На эффективность теплообмена в аппарате в первую очередь влияет площадь контакта между воздухом и насадкой [3]. Чем меньше площадь теплообмена, тем ниже эффективность и наоборот.

Площадь теплообмена уменьшается при снижении длины насадки и уменьшении общего числа её каналов, что возникает при увеличении поперечных размеров, а также при увеличении толщины стенки единичного канала насадки.

В случае увеличения поперечных размеров единичного канала насадки суммарная площадь теплообмена уменьшается, что связано со снижением общего числа каналов в насадке (рис. 1).

Зависимость коэффициента энергетической эффективности от эквивалентного диаметра единичного канала приведена на рисунке 2. На схеме видно, что увеличение диаметра канала при постоянном расходе воздуха через насадку снижает ее эффективность, и наиболее резкое снижение наблюдается при максимальном расходе воздуха.

В случае увеличения толщины стенки единичного канала общее число каналов насадки уменьшается из-за большего заполнения сечения насадки твердым материалом. Из этого следует вывод: чем меньше толщина стенки канала, тем эффективнее регенератор (рис. 3).

Увеличение времени этапа аккумуляции/регенерации тепловой энергии в регенераторе приводит к снижению его энергоэффективности, что отображено на рисунке 4.

По рисунку 5 видно, что характер изменения коэффициентов эффективности для всех трех расходов одинаков: наблюдается заметный рост вначале (от 500 до 2000 кг/м^3), затем процесс практически стабилизируется.

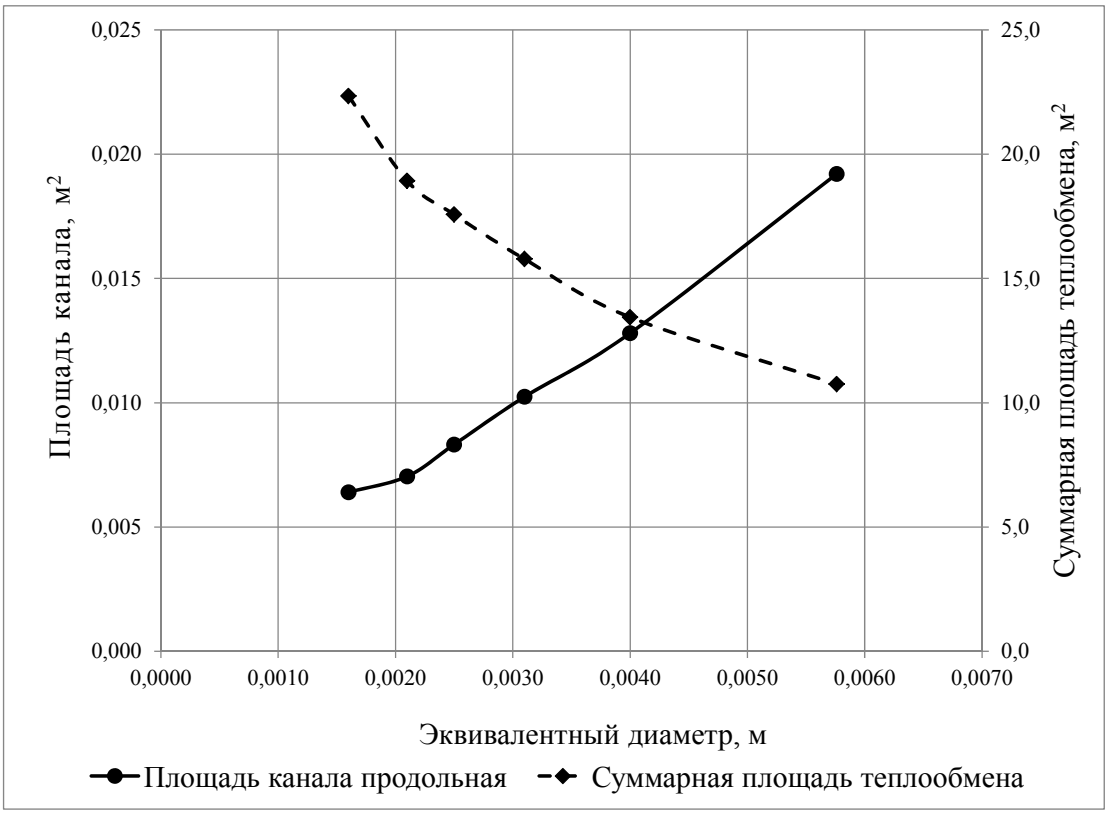


Рис. 1. Зависимость площади единичного канала и суммарной площади теплообмена от эквивалентного диаметра единичного канала (длина канала l=0,64 м, толщина стенки канала δ=0,5 мм, время τ=40 с, расход L=31м^3/ч)

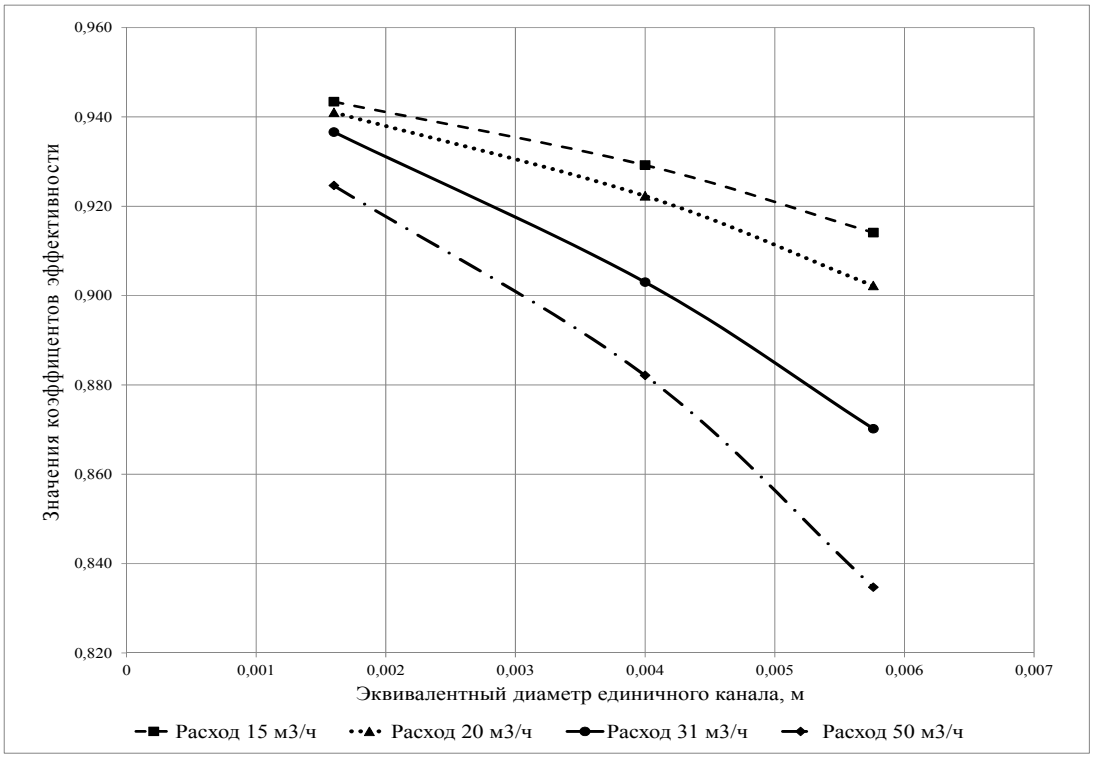


Рис. 2. Зависимость значений коэффициентов энергетической эффективности от эквивалентного диаметра единичного канала (длина канала l=0,64 м, толщина стенки канала δ=0,5 мм, время τ=40 с)

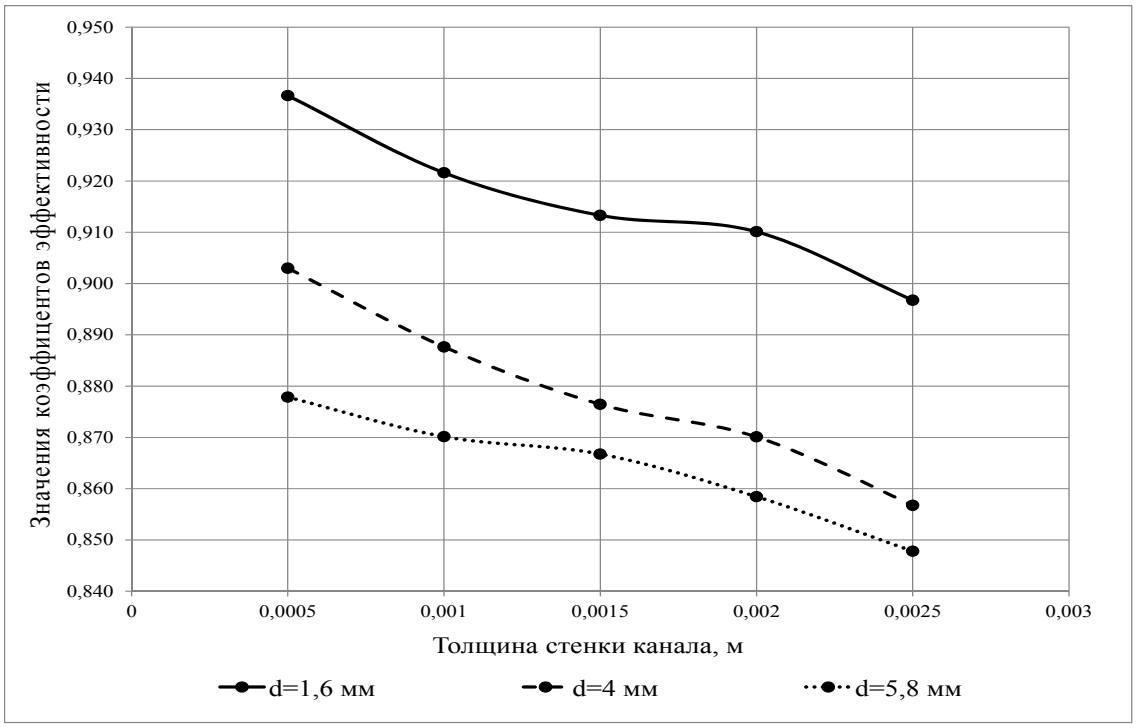


Рис. 3. Зависимость коэффициентов эффективности от толщины стенки единичного канала для трех диаметров канала (длина канала l=0,64 м, время τ=40 с, расход L=31м^3/ч)

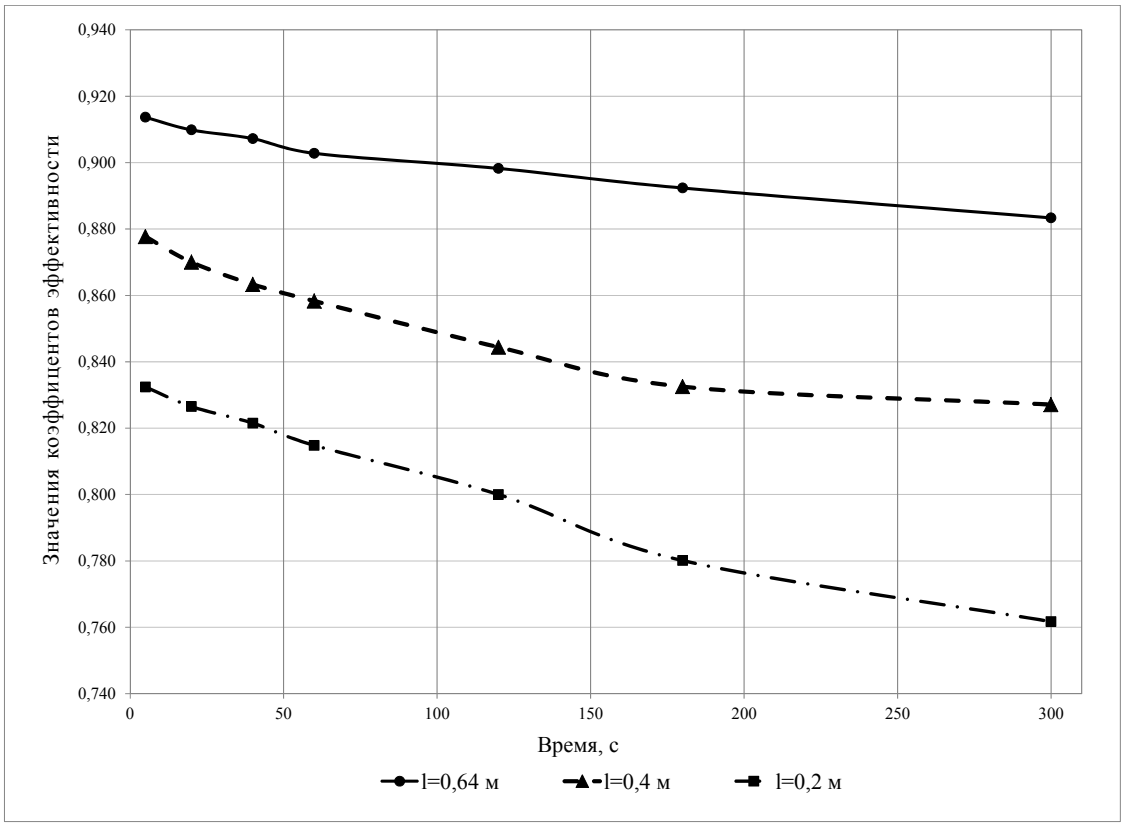


Рис. 4. Зависимость коэффициентов эффективности от времени одного этапа аккумуляции/регенерации при различной длине канала (диаметр канала d=4,0 мм, толщина стенки канала δ=0,5 мм, расход L=31м^3/ч)

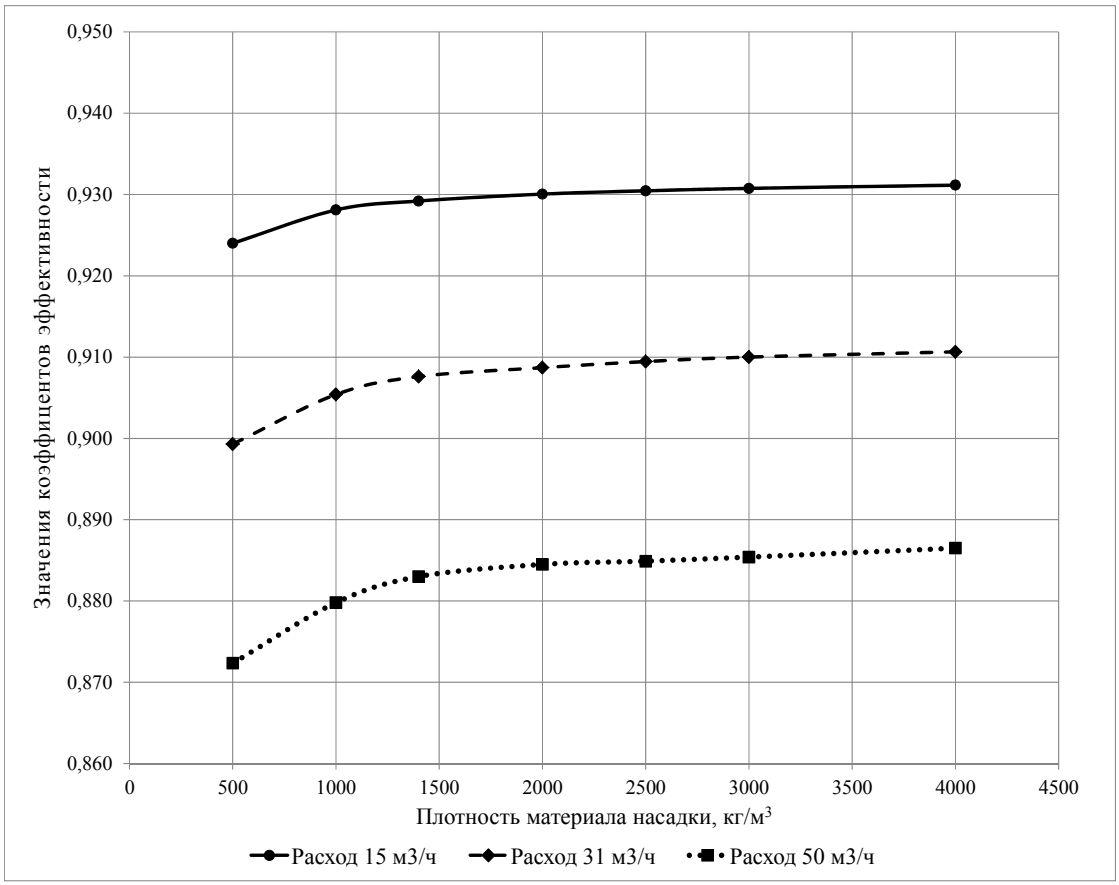


Рис. 5. Зависимость коэффициентов эффективности от плотности материала насадки (диаметр канала d=4,0 мм, длина канала l=0,64 м, толщина стенки канала δ=0,5 мм, время τ=40 с)

По результату работы выявлено, что на тепловую и аэродинамическую эффективность регенератора определяющее влияние оказывают диаметр и длина единичного эквивалентного канала насадки, а также расход воздуха через насадку.

Для получения существенных изменений эффективности при варьировании времени одного этапа аккумуляции/регенерации тепловой энергии требуется слишком сильное его увеличение или уменьшение, что в данном случае является неприемлемым. Поэтому можно считать, что время этапа влияет на эффективность регенератора незначительно. Также слабое влияние на эффективность оказывают толщина стенки единичного канала и плотность материала насадки.

1. Шашкин, В. Ю. Оценка эффективности насадок регенеративных теплообменных аппаратов / Шашкин В. Ю., Торопов Е. В. // Вестник южно-уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2007. – С. 5–6.

2. Рыбкина, Г. В. Оптимизация геометрических характеристик насадки регенеративного теплообменника / Рыбкина Г. В., Ометова М. Ю., Елин Н. Н. // Энергосбережение и водоподготовка. – 2010. – № 4 (66). – С. 47–48.

3. Параметрическое исследование регенеративного теплообменника / Васильев В. А., Гаврилов А. И., Каменецкий К. К., Соболь Е. В. // Вестник международной академии холода. – 2010. – № 1. – С. 32–35.

4. Монаркин, Н. Н. Математическая модель теплообмена в тонкостенном регенераторе / Монаркин Н. Н., Лукин С. В., Кочкин А. А. // Приволжский научный журнал. – 2018. – № 3 (47). – С. 57–62.

ОЦЕНКА ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАК СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

А.Н. Шушкова
Научный руководитель ***А.Г. Гудков****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Электронная модель системы водоснабжения и водоотведения (ВиВ) является геоинформационной системой (ГИС), которая отражает в электронном виде актуальную информацию о структуре и технико-экономическом состоянии систем, а также обеспечивает механизм оперативно-диспетчерского управления и проведения гидравлических расчетов. Согласно действующему законодательству [1], электронные модели систем ВиВ обязательно включаются в схемы ВиВ поселений и городских округов, при численности населения 150 тыс. человек и более.

По иерархическому принципу программное (ПО) и информационное обеспечение (ИО) для разработки и последующего использования электронных моделей можно разделить на три уровня:

- базовая ГИС как среда разработки приложений;
- специализированный программный комплекс на базе ГИС, посредством которого электронные модели создаются;
- собственно, электронная модель конкретной системы ВиВ.

Важнейшее значение имеет выбор базовой ГИС, так как от этого зависит функциональность как специализированных программных продуктов, так и создаваемых электронных моделей. Особенно это важно для разработки комплексных решений сразу нескольких видов ресурсоснабжающих инженерных систем. Обоснованный выбор ГИС является актуальным вопросом, который в современных научно-практических публикациях практически не раскрывается.

Объектами настоящего исследования являются распространенные ГИС, которые могут быть использованы как платформы развертывания ПО для моделирования инженерных сетей, и, в частности, наружных сетей водоснабжения и водоотведения. Целью работы является оценка ГИС по опре-

деленным критериям и составление кратких рекомендаций к выбору оптимальной.

В ходе исследования была собрана информация о нескольких достаточно распространенных в нашей стране ГИС, которые могут послужить основой для создания программных продуктов моделирования инженерных систем. Были выбраны следующие ГИС: ZuluGIS компании Политерм, (Санкт-Петербург, РФ), CityCom-GIS от ИВЦ «Поток» (Москва, РФ), ArcGIS компании ESRI (США), MapInfo компании Pitney Bowes Software (США), QGIS (свободное ПО).

В качестве метода сравнения была выбрана рейтинговая оценка каждой ГИС по простой балльной шкале. В таком методе рассчитывается интегральный комплексный рейтинг, позволяющий объективно оценить сравниваемые ГИС.

В качестве критериев для оценки мной были выбраны 7 показателей–критериев, характеризующих ГИС как платформу для разработки приложений и построения моделей инженерных сетей. Критерии и их «стоимость» в баллах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры для оценки критериев

№ п/п	Критерий	Значение
1	Поддерживаемые операционные системы	Windows, MacOX, Android, иные ОС – по 1 баллу
2	Архитектура (версии)	Десктопная, мобильная, серверная – по 1 баллу
3	Средства разработки и API	Макросы, модули расширения, библиотеки ActiveX компонентов – по 1 баллу
4	Реализованные приложения для инженерных сетей	1–2 приложения – 1 балл, 3–4 приложения – 2 балла, 5 и более – 3 балла
5	Моделирование сетей и топологические задачи	Топологическая модель, редактор сетей, анализ графа – по 1 баллу
6	Документация и руководства	На сайте, формат PDF, видеокурсы, обучение – по 1 баллу
7	Стоимость однопользовательской лицензии (тыс. руб.)	>100 – 1 балл, 50–100 – 2 балла, 50–10 – 3 балла, <10 – 4 балла, бесплатная – 5 баллов

После анализа каждой рассмотренной ГИС по указанным критериям были выставлены баллы, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная оценка ГИС

№ п/п	Критерий	ГИС				
		CityCom	ZuluGIS	ArcGIS	MapInfo	QGIS
1	Поддерживаемые операционные системы	1	1	2	1	4
2	Архитектура (версии)	1	3	3	2	2
3	Средства разработки и API	0	3	3	2	3
4	Реализованные приложения для инженерных сетей	2	3	3	0	0
5	Моделирование сетей и топологические задачи	1	3	3	0	0
6	Документация и руководства	2	4	4	2	4
7	Стоимость однопользовательской лицензии	3	3	1	2	5
	Итого	**10**	**20**	**19**	**9**	**18**

Некоторые результаты проведенного сравнения:

- наибольший рейтинг получает ГИС ZuluGIS, минимальный – MapInfo;
- наибольшее количество операционных систем поддерживает QGIS;
- самая высокая стоимость лицензии у ArcGIS;
- развитые средства для построения и анализа графа инженерной сети имеются только в двух ГИС;
- во всех ГИС (кроме CityCom) имеются средства разработки модулей и приложений.

По итогам вышеизложенного материала можно сделать следующие выводы:

- как платформа для создания электронных моделей наилучший результат показала ZuluGIS;
- из универсальных ГИС для разработки специализированного ПО можно рекомендовать ArcGIS.

1. О схемах водоснабжения и водоотведения : Постановление Правительства РФ от 5 сентября 2013 года № 782 (с изменениями на 22 мая 2020 года). – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 14.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Секция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕШЕХОДНОГО КОМФОРТА ПЛОЩАДИ ФЕДУЛОВА В Г. ВОЛОГДЕ

М.А. Козлова
Научный руководитель ***Н.М. Дементьев****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Актуальной задачей прикладной аэродинамики является исследование взаимодействия ветровых потоков с конструкциями. Вопросы ветрового воздействия необходимо учитывать как для обеспечения безопасности возводимых и существующих объектов, так и при решении задач пешеходной комфортности. При возведении новых объектов в городской застройке необходимо определять зоны, в которых может произойти повышенные вихреобразования или зоны усиления ветровых нагрузок. Также и при эксплуатации зданий необходимо учитывать возможное изменение аэродинамики при возведении дополнительных конструктивных элементов, таких как рекламные щиты, заграждения, антенны и т.п.

Оценка ветрового воздействия на основе СП [1] представляет лишь грубую оценку, которая должна дополняться данными физических экспериментов в аэродинамических трубах. Альтернативой тому является испытания модели путём математического моделирования с использованием современных вычислительных технологий. Это позволит сократить как финансовую сторону вопроса, так и временные затраты.

Актуальность данной работы заключается в том, что в городском пространстве города Вологда наблюдается необходимость создания условий для обеспечения аэродинамического комфорта в пешеходных зонах.

Цель работы – исследовать площадь Федулова в программном комплексе «Flow Design» и определить пространства с неблагоприятными ветровыми воздействиями.

Задачи работы:

- применить метод моделирования ветровых потоков в программном комплексе «Flow Design» для выбранного общественного пространства;
- проанализировать выявленные участки ветрового дискомфорта с ранее проведенным исследованием (в период с 16.03.20 по 1.04.20);
- разработать рекомендации по улучшению пешеходной комфортности в существующей застройке.

В ранее проведенном исследовании по выявлению неблагоприятных пространств города Вологды было выделено 4 общественных пространства: пло-

щадь Федулова, Каменный мост, площадь Революции и Кремлевская площадь. По каждому общественному пространству жителям города предлагалось провести оценку порывов ветра в предполагаемых зонах с повышенным ветрообразованием по шкале от 1 до 10, где 1 – совсем не комфортно, 10 – очень комфортно.

По результатам ранее проведенного исследования нами было решено проводить испытание аэродинамического комфорта площади Федулова.

Далее приведены результаты исследования площади Федулова:

– вдоль тротуара по ул. Ленинградской среднее значение пешеходной комфортности составило 3,9 балла;

– на участке между фонтаном и зданием Дома культуры Подшипникового завода комфортность оценивается в 4,5 балла;

– в арке здания ул. Новгородской 2А – 3,5 балла;

– в проходе между зданиями ул. Новгородской 2 и 2А – 3,5 балла;

– в узких проходах между зданиями ул. Костромской 1, 3/1, 3/2, 3/3 и 3 комфортность оценивается на 4,4 балла;

Исследование в программном комплексе «Flow Design» требовало отрисовки модели площади в сторонней программе и дальнейшего экспорта. Нами был использован «Revit». Упрощенная модель исследуемого участка приведена на рисунке 1.

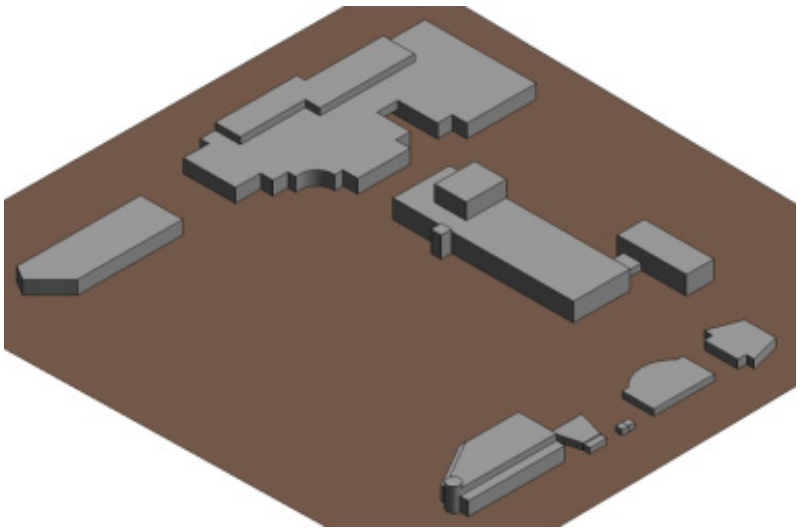


Рис. 1. Принятая модель участка застройки, созданная в «Revit»

Исследование пешеходных зон площади Федулова производилось на высоте 1,75м от земли. Скорость ветра в моделировании потока принята 3,9м/с согласно максимальной из средних скоростей ветра по румбам за январь [2]. Испытание модели проводилось по 8 направлениям сторон света.

Проанализировав зоны распределения скоростей ветра, были сделаны выводы, что при любом направлении ветра смоделированная площадь имеет пешеходные зоны дискомфорта (распределение скорости изображено на рисунке 2).

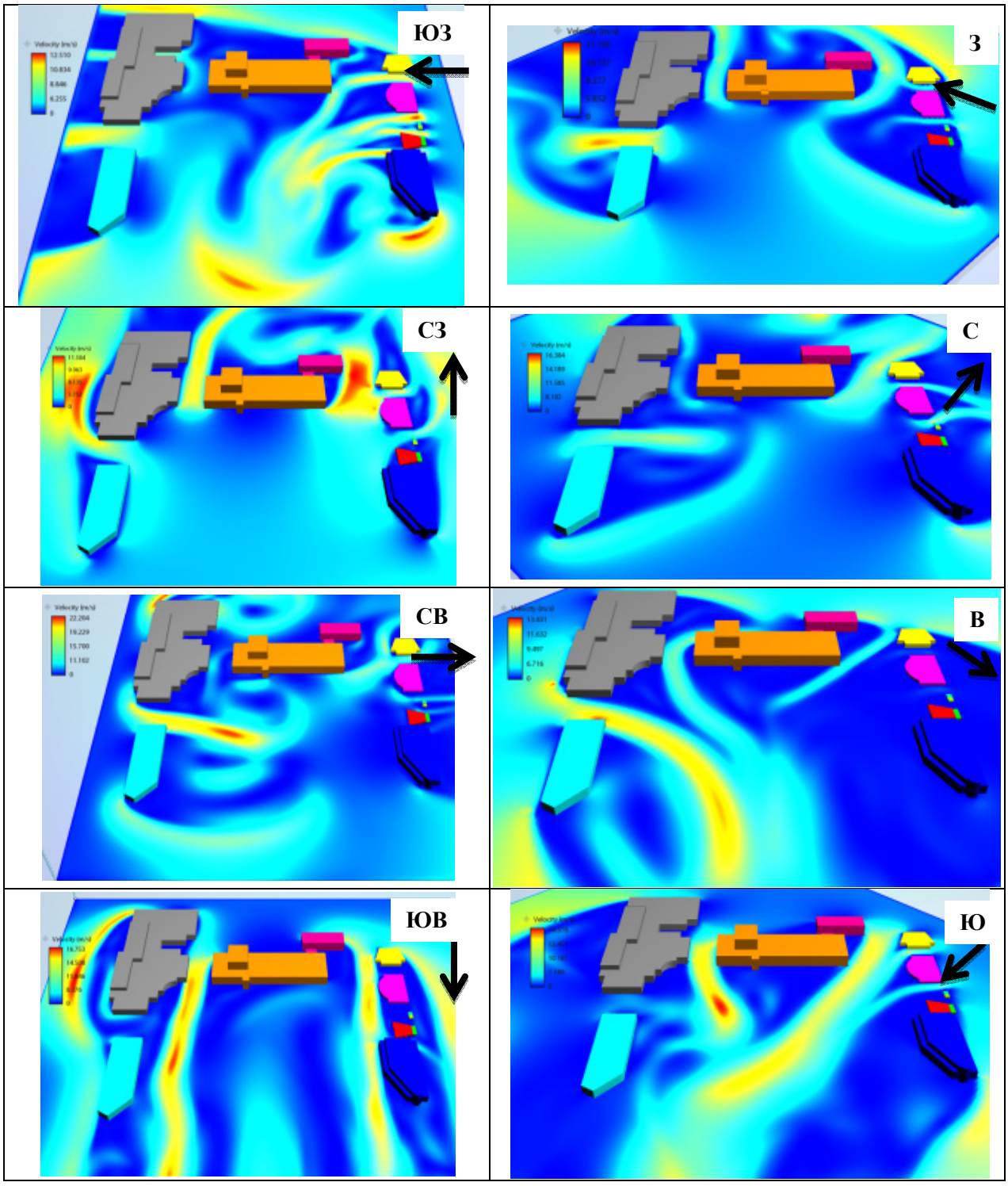


Рис. 2. Распределения скоростей ветра при различных румбах

Наиболее неблагоприятным из всех метеорологических направлений наблюдалось при северо-восточном ветре. При таком направлении ветра наблюдались:

– повышенные скорости ветра в проходе между зданиями ул. Новгородская, 2 и 2а (до 22м/с);

– в арке здания ул. Новгородской, 2а (15м/с);

– на углу здания ул. Новгородской, 2 повышение ветра до 19 м/с с завихрением к центру площади;

– в центре площади скорость ветра развивается максимально до 24 м/с.

Наиболее благоприятная ситуация наблюдалась при западном и северном ветре.

Проведя анализ текущего исследования в программе «Flow Design», и из проведенного социологического опроса жителей города были сделаны выводы:

– вдоль тротуара по ул. Ленинградской максимальная скорость ветра составляла 12 м/с при юго-западном направлении ветра и 15 м/с при северо-восточном направлении ветра (среднее значение пешеходной комфортности составило 3,9 балла);

– на участке между фонтаном и зданием Дома культуры Подшипникового завода наблюдались завихрения ветра при северо-восточном направлении, максимальная скорость которого составила 11 м/с. При остальных ориентациях сторон света неблагоприятных зон не наблюдалось (жителями города комфортность оценивается в 4,5 балла);

– в арке здания ул. Новгородской, 2а повышенные скорости ветра наблюдались при северо-восточном направлении ветра (15 м/с), при юго-западном направлении (9 м/с) и при южном направлении – 13 м/с (жителями города оценка данного места составила 3,5 балла);

– в проходе между зданиями ул. Новгородской, 2 и 2а максимальная скорость ветра составила 22 м/с при северо-восточном ветре (оценка жителей – 3,5 балла). Проход вызвал повышенное ветрообразование при продуве модели с любой стороны света;

– в узких проходах между зданиями ул. Костромской, 1, 3/1, 3/2, 3/3 и 3 повышение ветра наблюдалось при северо-восточном направлении ветра (11м/с) и при юго-западном направлении (до 15 м/с) (жителями комфортность оценивается на 4,4 балла);

Также неблагоприятные пешеходные зоны были выделены в проходах между зданиями ул. Новгородской, 2а и Ленинградской, 89 до 18 м/с и между зданиями Ленинградской, 89 и Костромской, 3 до 15 м/с при южно-восточном направлении ветра.

Таким образом, использование метода компьютерного моделирования в программном комплексе является наиболее перспективным подходом, который позволяет сократить финансовые и временные затраты, тем самым оптимизировать инженерный проект.

На данном этапе работы было проведено исследование площади в программного комплекса Flow Design, были выявлены «проблемные» участки площади Федулова в городе Вологде. Требуется последующее проведение мероприятий по проектированию ветрозащитных конструкций и грамотное размещение зеленых насаждений.

1. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия: актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) 27.12.2010 № 787 : введен 04.06.2017. – Москва : Национальные стандарты, 2017. – 79 с.

2. СП 131.13330.2018. Свод правил. Строительная климатология: актуализированная редакция СНиП 23-01-99 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 28.11.2018 № : введен 29.05.2019. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 101 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

О.Р. Кучин

Научный руководитель ***И.С. Казакова***, *канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Сохранение культурного и архитектурного наследия является одной из важнейших задач, стоящих в настоящее время перед цивилизованным обществом.

Повсеместное внедрение в строительство BIM-технологий зарекомендовало себя как очень эффективный метод проектирования [1]. Реставрация значительно отстает от общей тенденции и не спешит принимать такую технологию. Многое упирается в общее состояние объекта, отсутствие подготовки у специалистов, сложность проектирования элементов декора.

В данной работе рассмотрена возможность реставрации на примере объекта культурного наследия «Дом Шахова», расположенного по адресу: Вологодская область, город Вологда, улица Воровского, дом 34 с применением отечественной BIM-системы Renga.

Дом купца Шахова в Вологде является уникальным памятником деревянного зодчества. Он признан объектом культурного наследия федерального значения. Здание одноэтажное с мезонином построено в 1892 году. В 1905 году был достроен второй этаж. В 2000-х годах дом сильно пострадал во время нескольких пожаров: была уничтожена кровля, разрушен второй этаж.

Для построения обмерной модели было снято облако точек с помощью тахеометра. Для подобной цели можно использовать фотограмметрию, но это потребовало бы использование других BIM-систем. Лучше всего для этого подходит Revit. Но данный подход очень затратен технологически и экономически: нужны дорогое программное обеспечение и мощный компьютер.

В конструктивной части проекта были восстановлены перекрытия и крыша по историческим фотографиям и аналогам. Балки для перекрытий и

стропильной системы смоделированы в BIM-системе Renga. Планировка здания была восстановлена по паспорту объекта. Для фасадов смоделированы отдельные объекты и сечения: наличники, двери, обшивка.

Система Renga относительно новая, поэтому много элементов и деталей пришлось выполнить в сторонних программах. Это стало возможным благодаря стандарту IFC4.

Преимущество BIM-реставрации – это вложение в модель здания информации, необходимой для реставрации. Например, возможность маркировки и получения автоматических спецификаций о повреждениях и заменах.

Общие конструктивные решения были выполнены в системе Renga (рис. 1).

Рис. 1. Общие конструктивные решения в разрезе

После создания всех необходимых деталей и семейств была собрана финальная версия модели, из которой получены чертежи (рис. 2).

Итоговая модель, собранная в российской BIM-системе Renga, имеет ряд преимуществ и недостатков.

Основные достоинства такой BIM -модели:

- высокая скорость выполнения проектной документации;
- автоматическое создание чертежей и спецификаций из модели;
- наглядность конструктивных и объемно-планировочных решений;
- высокая точность информационной модели.

Основные недостатки:

- сложность выполнения для неопытного пользователя;
- наличие более мощного компьютера, чем для обычных CAD-систем.

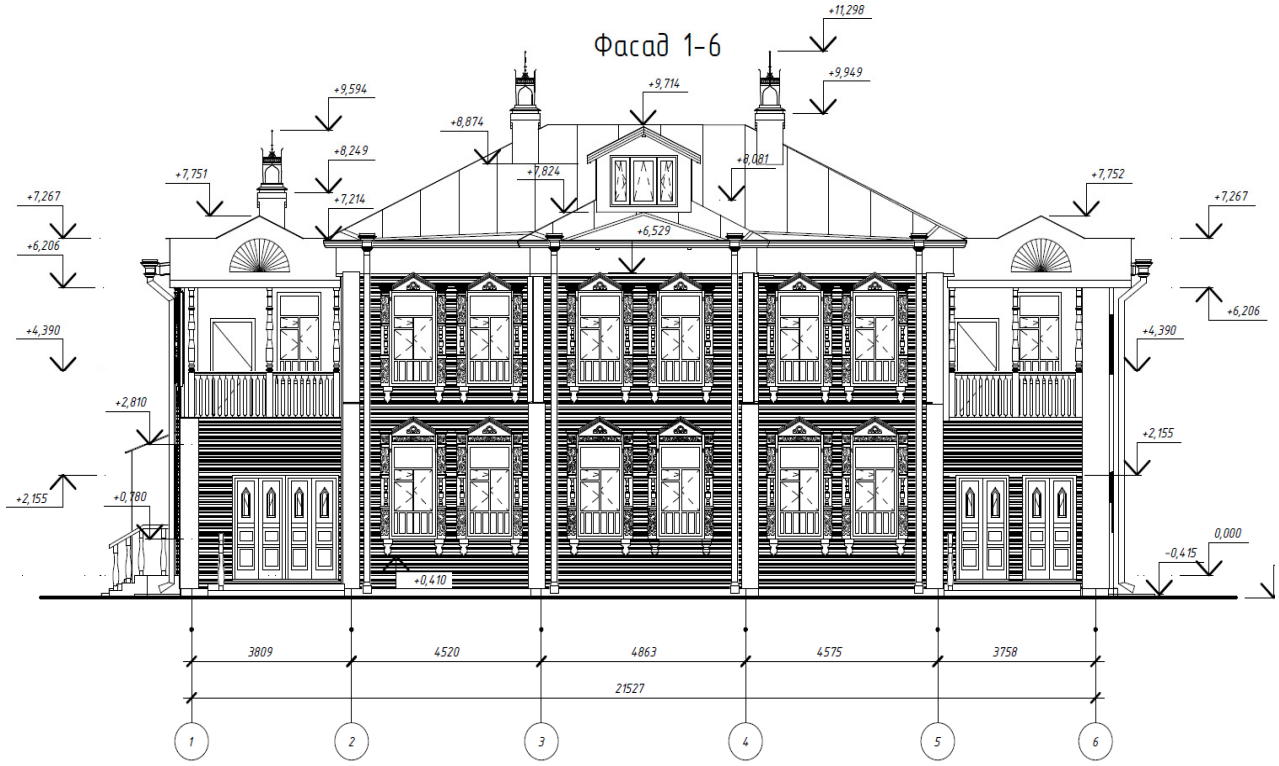


Рис. 2. Фасад в осях 1–6, созданный на основе BIM -модели

Кроме создания чертежей, спецификаций и другой проектной документации BIM-модель дает возможность сделать визуализацию проекта. Пример рендера представлен на рисунке 3.

Рис. 3. Рендер, выполненный в Twinmotion

Дальнейшее развитие BIM-технологии при реставрации и реконструкции имеет положительный отклик у специалистов, а данный проект, нацеленный

на проработку использования таких технологий, наглядно показывает перспективность развития в этом направлении.

По полученной модели можно достаточно быстро проанализировать объем замены элементов, составить необходимые ведомости и спецификации, смоделировать планировку необходимую под определенные цели. За счет высокой степени автоматизации процесса работа над проектом шла очень быстро и была закончена в течение месяца.

1. Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства : Приказ от 29 декабря 2014 года № 926/пр. – Москва, 2014.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПЕШЕХОДНЫХ СВЯЗЕЙ НА МЕСТНОСТИ

В.М. Пучков
Научный руководитель ***О.В. Пахнева****, ст. преподаватель*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Работа направлена на изучение комфортности уличных лестниц.

Актуальность исследования. По требованиям эргономики и безопасности конструкции внешних лестниц (крылец и лестниц на пешеходных путях) должны удовлетворять более жестким параметрам, чем конструкции лестниц внутренних. Внешние лестницы могут быть мокрыми или обледеневшими, а значит, скользкими и травмоопасными, поэтому необходимо максимально ответственно подходить к вопросу проектирования и создания комфортных путей передвижения людей на местности.

Задачи исследования:

1. Изучение нормативной и другой литературы.
2. Исследование уличных лестниц, в т.ч. анализ перемещения по ним.
3. Анализ полученных данных.
4. Создание возможных конструктивных решений вертикальных связей на местности в тех же условиях, с учетом безопасности и эргономики перемещения.

Для определения требований к устройству вертикальных пешеходных связей используется СП 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» [1]. *Основные требования*, сформулированные на основе СП [1], приведены в таблицах 1 и 2. Лестницы должны дублироваться пандусами или подъемными устройствами.

Таблица 1

Требования к внешним лестницам по [1]

Элемент или параметр внешних лестниц	Требования по [1]
Ширина лестничных маршей	не менее 1,35 м; 1,5 м – с учетом встречного движения людей
Ширина проступи	от 0,35 до 0,4 м
Высота подступенка	от 0,12 до 0,15 м
Форма ступеней	в пределах одного марша одинаковая по форме в плане, по ширине проступи и по высоте подступенка
Поперечный уклон по поверхности ступеней	до 2 %
Количество ступеней в марше	3–12 ступеней, недопустимо применение одиночных ступеней
Контрастные полосы на проступях краевых ступеней	ширина 0,08–0,1 м, расстояние между контрастной полосой и краем проступи – от 0,03 до 0,04 м
Тактильно-контрастные указатели перед внешней лестницей	глубиной 0,5–0,6 м на расстоянии 0,3 м от внешнего края проступи верхней и нижней ступеней

Таблица 2

Требования к пандусам по [1]

Элемент или параметр внешних лестниц	Требования по [1]
Длина непрерывного марша пандуса	не более 9,0 м
Уклон пандуса	не более 1:20 (5 %)
Длина горизонтальной площадки	не менее 1,5 м
Свободные зоны в верхнем и нижнем окончаниях пандуса	размерами не менее 1,5×1,5 м

При расчетном перепаде высоты в 3,0 м и более на пути движения вместо пандуса следует применять подъемные устройства – подъемные платформы или лифты, доступные для инвалидов на кресле-коляске и других МГН [1].

Объект исследования – территория, находящаяся рядом с перекрестком улиц Ленинградской и Поселковой в г. Вологде. Проведено обследование трех крылец и 12 внешних лестниц.

По результатам измерений параметров лестниц и ступеней, наблюдений за перемещением по лестницам пешеходов, самоисследовании удобства передвижения по лестницам, в том числе с закрытыми глазами, был сделан вывод, что у всех лестниц типичные недостатки.

К достоинствам обследованных лестниц и крылец хотелось бы отнести:

– удачное месторасположение: все лестницы расположены в востребованных местах, являются продолжением путей перемещения пешеходов и активно используются;

– достаточная ширина лестниц: предусматривается разделение встречных потоков людей, учитывается возможная переноска вещей, а также движение парами.

Недостатки обследованных лестниц и крылец:

– разная высота и ширина ступеней в пределах одного марша,
– отсутствие поручней при больших высотах подъема,
– неправильно подобраны длины промежуточных площадок,
– неровное покрытие ступеней,
– выступы бортов ступеней, что ведет к застаиванию воды на поверхности.

Также целесообразно отметить недостатки общего благоустройства исследованного места:

– недостаточное освещение территории в темное время суток,
– отсутствие мусорных баков,
– отсутствие пандусов для подъема маломобильных групп населения,
– отсутствие скамеек.

Возможное *конструктивное решение* покажем на одном примере.

Исходный объект – лестница рядом с ТЦ «Невский» на улице Ленинградской. Две двухмаршевые лестницы и одна одномаршевая расположены рядом друг с другом с небольшим зеленым откосом между ними. Каждый марш двухмаршевых лестниц состоит из 5 ступеней. Общая длина лестниц 4 м 95 см, высота подъема 1 м 42 см. Ступени имеют асфальтовое покрытие и ограничены со стороны подъема бетонными бортовыми камнями.

В своем проектном решении мы предлагаем на площади существующих лестниц:

– реконструкцию одной лестницы и замену второй и третьей лестниц на пандус для МГН,
– пандус выполнить из металлоконструкций с сооружением железобетонных подпорных стенок для удержания земляных масс откоса и верхней террасы,
– лестницу выполнить с комфортными параметрами для передвижения по ней (схема лестницы приведена на рисунке),
– нанести привлекающую внимание разметку около лестницы в соответствии с [1],
– установку мусорных урн,
– установку скамеек и малых архитектурных форм для создания локального места отдыха населения и благоустройства территории,
– дополнительные посадки на откосе деревьев и кустарников для улучшения рекреационных и визуальных качеств территории.

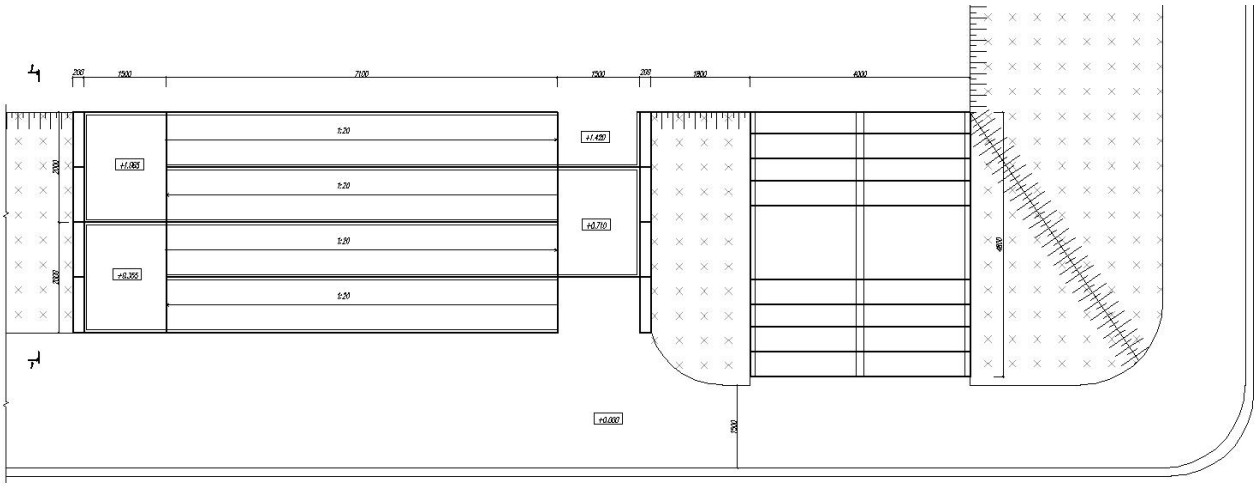


Рис. Схема расположения вертикальных пешеходных связей рядом с ТЦ «Невский» (проектное решение)

Эргономика вертикальных пешеходных связей на местности очень важна, т.к. она отвечает за безопасность перемещения. В любых условиях можно найти решение, отвечающее нормативным и эргономическим требованиям.

1. СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения: Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001: утвержден Минстрой России 14.11.2016 № 798/пр. : введен 15.05.2017. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум "Кодекс" (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

СБОР И АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ СТАДИОНА ВУЗА

А.А. Резнова
Научный руководитель ***О.В. Пахнева****, ст. преподаватель*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Исследование направлено на сбор и анализ данных для благоустройства стадиона у корпуса № 3, находящегося по адресу: г. Вологда, ул. Гагарина, 81а. Спортивные сооружения играют важную роль в развитии физической подготовки студентов, поэтому очень важны внешний вид и оснащенность таких сооружений. Кроме студентов стадион активно используется жителями близлежащих домов. Реконструкция стадиона позволит организовать комфортную среду для его использования, а также привлечет новых студентов.

К основным задачам исследования относятся:

1. Фотофиксация места с выявлением основных проблем и текущего состояния стадиона и прилегающей местности и топосъемка местности.
2. Изучение нормативной и справочной литературы по проектированию плоскостных спортивных сооружений.
3. Подбор аналогов для проектирования из числа современных стадионов и решений по их обустройству.
4. Проведение опроса студентов, сотрудников вуза и местных жителей с целью выявлениях их отношения к текущему состоянию и пожеланий.

Стадион размерами 97,8×58,6 м находится по адресу: г. Вологда, улица Гагарина, 81а. Общая площадь спортивного сооружения составляет 5731 м^2. На территории расположены круговая беговая дорожка, покрытая спецсмесью; зоны со спортивным инвентарем для силовых упражнений; два поля для футбола; две площадки для волейбола; поле для игры в лапту. Из оборудования имеются фонарные столбы, водоотводящие канавки и помещение для хранения спортивного инвентаря.

В настоящее время стадион находится в плохом состоянии. Ограждающие конструкции искривлены, спортивный инвентарь устарел, покрытие давно не обновлялось, фонарные столбы не используются, а водоотводящие канавки не работают из-за мусора и травы.

По СП 332.1325800.2017 [1] выделены требования при проектировании стадиона:

- Для покрытия площадок, полей и дорожек следует применять материалы, рекомендуемые Росспортом и допущенные к применению органами Роспотребнадзора.
- Разметка площадок должна осуществляться нанесением на поверхность покрытия хорошо заметных линий.
- Спортивные площадки должны иметь размеры определенные международными правилами и, в зависимости от вида спорта, иметь определенные защитные ограждения.
- Необходимо обеспечить оптимальные условия освещения спортивных сооружений с точки зрения затрат на электроэнергию, достаточности света, комфортности зрительного восприятия.
- Необходимо обеспечить пожарную безопасность занимающихся и зрителей с учетом применения спортивного оборудования, строительных конструкций и материалов.

В октябре 2020 проведен онлайн опрос: «Как должна измениться территория у учебного корпуса № 3 Вологодского государственного университета?» Опрос выполнен на базе платформы Google Формы. В опросе приняли участие 257 человек. Респондентами стали студенты и преподаватели, сотрудники вуза и люди, живущие рядом.

Целью опроса было выяснить мнение респондентов о текущем состоянии стадиона, а также о том, как сделать стадион у корпуса ВоГУ на ул. Гагарина удобным и интересным.

В результате опроса удалось узнать, как часто посещается стадион и с какой целью, чего, по мнению отвечающих, не хватает стадиону, какие спортивные площадки наиболее востребованы. Все это поможет сделать стадион более комфортным для занимающихся.

В ходе работы по сбору и анализу данных выполнена постановка задач для дальнейшего исследования и разработки проекта, эти задачи включают в себя: определение состава спортивного ядра; разработку планировочного решения территории; подбор комфортных покрытий; подбор спортивного и прочего оборудования, подбор озеленения, выполнение решений по дренажу и поверхностному водоотводу.

1. СП 332.1325800.2017. Спортивные сооружения. Правила проектирования : утвержден Минстрой России 14.11.2017 № 1536/пр. : введен 15.05.2018. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум "Кодекс" (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

СРАВНЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ СПИРАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Н.А. Туваев
Научный руководитель ***И.С. Казакова****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время в крупных городах строительство высотных зданий набирает все большую популярность. Архитекторы хотят не только оптимально использовать пространство городской застройки, но и выделяться на фоне существующих высотных зданий. Поэтому в мире появляются высотные здания необычной формы, в частности – спиральной.

Высотные здания спиральной формы не так распространены, как здания простых форм, которые достаточно исследованы [3, 4]. Это связано с тем, что проектирование спиральных зданий имеет ряд особенностей как в проектировании, так и при возведении.

В процессе научно-исследовательской работы был проведен анализ конструктивных схем построенных высотных зданий спиральной формы, таких как: Башня «Эволюция» (г. Москва, Россия), Башня Avaz Twist Tower (г. Сараево, Босния и Герцеговина), Лахта-центр, (Санкт-Петербург, Россия), Infinity Tower (Дубай, ОАЭ), Turning Torso (Мальёме, Швеция), Башня Революции (Панама, Панама)

В результате анализа было установлено, что все спиральные здания, построенные на данный момент, имеют каркасно-ствольную конструктивную схему.

Большинство зданий имеет каркас из монолитного железобетона, что обуславливается нетипичной формой здания. Также применение монолитного железобетона в качестве материла несущих конструкций позволяет применять более простые узлы сопряжения несущих элементов здания и использовать монолитные спиральные колонны по углам здания в качестве несущих элементов (примеры – башня «Эволюция» и башня Infinity Tower).

В части зданий используется каркас смешанного типа: часть элементов железобетонные, часть – стальные (сталебетонные). В качестве основного несущего элемента таких зданий выступает железобетонное ядро, обладающее высокой жесткостью, а вспомогательные элементы – стальные (сталебетонные) колонны и ригели каркаса. Примером таких зданий являются: Turning Torso, с несущим элементом в виде стальной наружной вертикальной фермы, и здание Лахта-центра, с железобетонным ядром, сталебетонными колоннами и аутригерами и металлическими балками перекрытия. Недостатком зданий со смешанным каркасом является сложность узлов сопряжения железобетонных конструкций со стальными (для передачи больших усилий из металлических конструкций в тело бетона нужно разрабатывать специальные закладные детали сложной конструкции). Преимущества таких зданий по сравнению с полностью монолитными состоят в том, что большинство элементов каркаса имеют высокую степень заводской готовности, что обеспечивает высокое качество строительно-монтажных работ и относительно высокую скорость возведения здания.

Здания с полностью металлическим каркасом в ходе анализа не выявлены. Это обусловлено тем, что ядро здания, выполненное в виде металлических рам, не обеспечивает достаточную крутильную жесткость здания и не способно воспринимать крутящие моменты, возникающие от поворота здания и внешних силовых воздействий (горизонтальная ветровая нагрузка).

Исходя из всего вышеперечисленного было принято решение рассмотреть два типа конструкций спирального высотного здания:

1. Монолитное железобетонное здание
2. Здание с монолитным ядром жесткости, металлическими колоннами и балками перекрытия.

Исходные данные для расчета здания представлены в таблице 1, план типового этажа – на рисунке 1.

Таблица 1

Исходные данные

Район строительства	г. Грозный
Снеговой район [1]	II
Ветровой район [1]	IV
Сейсмичность [2]	Шкала MSK-64, 9 баллов

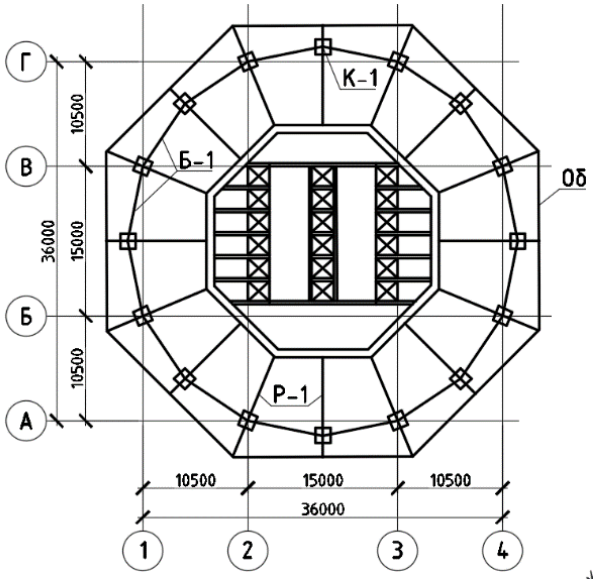


Рис. 1. Схема расположения несущих элементов каркаса: К-1 – колонны, Р-1 – ригели, Б-1 – балки, Об – обрамляющие
Рис.1. Схема расположения несущих элементов каркас балки.

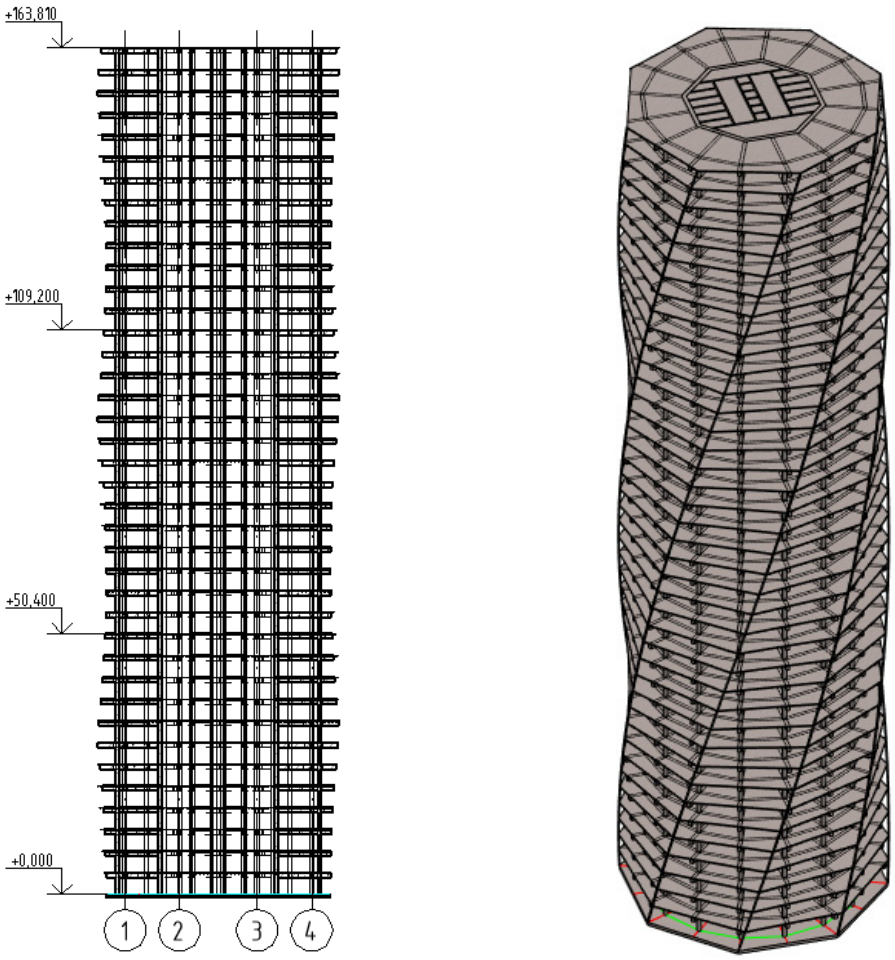


Рис. 2. Разрез и общий вид спирального здания

Таблица 2

Сравнение результатов расчетов

Параметр	Монолитное здание	Здание с монолитным ядром жесткости и металлическим каркасом
Горизонтальные перемещения (Допустимое значение – h/500 [1] 168000/500=336 мм)	Максимальное суммарное перемещение – 215 мм	Максимальное суммарное перемещение – 148 мм
Ускорение колебаний верхнего этажа (Допустимое значение – 0,08 м/с^2 [1])	0,035 м/с^2	0,048 м/с^2
Трудозатраты на производство (на заводе)	-	331692 чел.час
Трудозатраты на возведение (монтаж)	724518,7 чел.час.	14377 чел.час

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- Возведение здания с применением металлического каркаса значительно сокращает трудозатраты и сроки на этапе монтажа конструкции.
- При проектировании здания с монолитным каркасом необходимо предусматривать сложные закладные детали для передачи усилий в монолитное ядро жесткости.
- Использование монолитного каркаса позволяет использовать фахверковые спиральные колонны в качестве несущих элементов конструкции.
- Изготовление прокатных и сварных сечений из толстолистовой стали на территории России зачастую невозможно (отсутствует соответствующий сортамент металлопроката). Примером может служить металлический каркас башни Евразия (Москва, Россия), в котором применялись прокатные двутавры, произведенные в Германии (толщина полки до 125 мм), и сварные колонны коробчатого сечения с толщиной стенки до 230 мм, произведенные в Стамбуле.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что возведение спирального здания с использованием металлокаркаса целесообразно в случае наличия соответствующих заводов по производству металлических конструкций вблизи места строительства и при сжатых сроках возведения объекта.

В остальных случаях целесообразно применять монолитный железобетонный каркас, конструкции которого позволяют включать в работу спиральные фахверковые колонны.

1. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ (Минстрой России) №891/пр. : введен 04.06.2017. – Москва : Минрегион России, 2017. – 95 с.
2. СП 14.13330. 2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах: актуализированная редакция СНиП II-7-81*: утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации № 309/пр. : введен 25.11.2018. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 122 с.
3. Казакова, И. С. Выбор конструктивного решения высотного здания с учетом динамических воздействий и обеспечения устойчивости против прогрессирующего обрушения / И. С. Казакова, Н. А. Кузнецова // Технологии бетонов. – 2019. – № 5–6. – С. 50–54.
4. Казакова, И. С. Устойчивость высотных зданий против прогрессирующего обрушения / И. С. Казакова, Н. А. Кузнецова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2019. – № 11–12. – С. 34–37.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПРОЧНОСТИ ГАЗОБЕТОНА ПРИ НЕПОЛНОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Л.С. Шевцов
Научный руководитель ***С.А. Соловьев****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Дальнейшим направлением в развитии методов расчетов строительных конструкций можно считать применение стохастических (вероятностных) расчетов несущих элементов конструкций [1–4]. Такие подходы позволяют получить более объективную оценку безопасности эксплуатации строительных конструкций, чем подходы, основанные на субъективных коэффициентах запаса.

Одним из самых распространенных материалов для несущих и ограждающих элементов строительных конструкций в городской среде являются легкие бетоны, например газобетоны. Исследование статистических свойств легких бетонов является актуальной задачей с целью совершенствования

входного контроля качества строительных конструкций и оценки безопасности их эксплуатации.

В рамках решения данной задачи зачастую возникает проблема ограниченности (неполноты) статистических данных об исследуемой стохастической переменной. На решение этого вопроса направлены новые исследования, базирующиеся на альтернативных классической математической статистике теориях.

В данном исследовании поставлена задача – проанализировать применение различных вероятностных подходов для определения нормативной прочности газобетона в условиях ограниченной статистической информации.

Для статистического анализа предельной прочности газобетонных блоков при сжатии были изготовлены контрольные образцы из единой партии газобетонных блоков размерами 150×150×150 мм и 100×100×100 мм. Образцы испытывались в лаборатории кафедры ПГС Вологодского государственного университета на двух прессах – ЗИМ50 (500 кН) и Точприбор (50 кН). Результаты предельной прочности при сжатии контрольных образцов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Плотность и прочность контрольных образцов

№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотность, кг/м^3	538,2	539,9	564,2	539,9	538,7	574,4	539,0	530,8
Прочность, МПа	1,68	1,91	2,23	1,61	2,14	1,55	2,39	2,20

Диаграммы «напряжение – относительная деформация» для отдельных контрольных образцов представлены на рисунке.

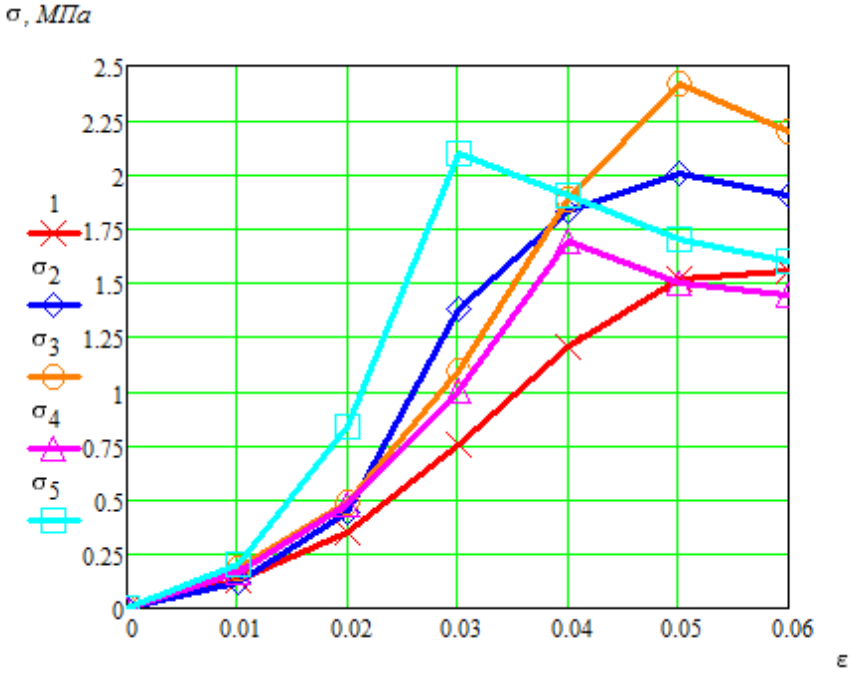


Рис. Диаграммы «напряжение – относительная деформация»

Статистические характеристики прочности при сжатии: среднее значение $\overline{X}$=1,96 МПа; среднеквадратическое отклонение S_x=0,30 МПа; коэффициент вариации v=0,153. Доверительная оценка математического ожидания составит:

$$[\overline{X} - t_1 \frac{S_x}{\sqrt{n}}; \overline{X} + t_1 \frac{S_x}{\sqrt{n}}],$$

где t_1 – квантиль Стьюдента, n – число испытаний. После подстановки числовых значений (при доверительной вероятности 95 %), получим: m_x=[$1{,}96 - 1{,}9\frac{0{,}3}{\sqrt{8}}; 1{,}96 + 1{,}9\frac{0{,}3}{\sqrt{8}}$]=[1,76; 2,16] МПа. В запас надежности примем математическое ожидание прочности газобетонного блока по нижнему значению интервала m_x=1,76 МПа.

В вероятностном представлении [3] прочность газобетона с заданной обеспеченностью (надежностью) 0,95 можно вычислить по формуле:

$$0{,}95 = \Phi\left(\frac{m_x - R_b}{S_x}\right), \quad (1)$$

где $\Phi()$ принимается по табличным значениям функции Лапласа.

В подходе на основе теории возможностей [3], значение прочности газобетона с минимальной обеспеченностью 0,95 можно вычислить как:

$$0{,}95 = 1 - \exp\left[-\left(\frac{a_x - R_b}{b_x}\right)^2\right], \quad (2)$$

где $a_x = 0{,}5(X_{\max} + X_{\min})$ – условное среднее значение нечеткой переменной X; $b_x = 0{,}5(X_{\max} - X_{\min})/\sqrt{-\ln(\alpha)}$ – мера рассеяния нечеткой переменной X, где $X_{\max}$ и $X_{\min}$ – максимальное и минимальное значение множества значений нечеткой переменной X, α – уровень среза (риска), значением которого задаются.

С использованием функций распределения на основе неравенства Чебышева [4], значение прочности газобетона с минимальной обеспеченностью 0,95 можно вычислить как:

$$1 - 0{,}95 = \frac{S_X^2}{(m_X - R_b)^2 + S_X^2}. \quad (3)$$

Для исходных статистических данных по таблице 1 будем иметь:

Таблица 2

Значения нормативной прочности газобетона R_b при различных подходах

Подход	Значение прочности с обеспеченностью 0,95, МПа
Вероятностный подход (1)	1,267
Возможностный подход (2) с уровнем риска 0,05	1,549
Возможностный подход (2) с уровнем риска 0,20	1,397
Функции распределения на основе неравенства Чебышева	0,450

Выводы:

1. Возможностные подходы имеют результаты, близкие к вероятностным, однако следует внимательно относиться к назначению уровня среза (риска).

2. Наиболее осторожное решение дает подход на основе функций распределения из неравенства Чебышева, т.к. данный способ свободен от выбора функций распределения.

1. Соловьев, С. А. Анализ надежности элементов строительных конструкций на основе комбинации теории случайных множеств и вероятностных распределений / С. А. Соловьев // Строительная механика и расчет сооружений. – 2020. – № 2 (289). – С. 61–66.

2. Wang, C. Moment-based evaluation of structural reliability / C. Wang, H. Zhang, Q. Li // Reliability Engineering & System Safety. – 2019. – Vol. 181. – pp. 38-45.

3. Соловьев, С. А. Анализ надежности элементов строительных конструкций на основе комбинации теории случайных множеств и вероятностных распределений / С. А. Соловьев // Строительная механика и расчет сооружений. – 2020. – № 2 (289). – С. 61–66.

4. Соловьев, С. А. Вероятностная оценка промышленной безопасности при неполной статистической информации / С. А. Соловьев // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 9. – С. 88–93.

РАЗРУШЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Ю.С. Апполонова
Научный руководитель ***А.С. Шеховцов****, канд. техн. наук, доцент*
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

Благодаря большому количеству преимуществ, которыми обладают композиционные материалы (КМ), а именно высокий модуль упругости, возможность получения высокой прочности на растяжение (достигает значения $2800 \cdot 10^7$ Мпа), техника усиления с их помощью быстро развивается. Для широкого внедрения композиционных материалов в строительную отрасль необходимо понимать причины и процесс разрушения усиленной конструкции. Исследование нарушения сцепления между КМ и бетоном позволяет прогнозировать режим разрушения и уже на этапе проектирования учитывать особенности работы соединения, что в свою очередь обеспечивает безопасность его эксплуатации.

Объектом исследования является изгибаемый железобетонный элемент, усиленный системой внешнего армирования из КМ. Цель исследования заключается в описании предельных состояний конструкций с внешним армированием.

При усилении железобетонного элемента композиционными материалами приходится иметь дело с двумя комплексными материалами: комплексным железобетоном (бетон + арматура) и композиционным материалом (волокна + матрица).

Усиленное сечение, таким образом, представляет собой слоистую конструкцию. И отказ может проходить по одному из материалов или по границе между ними (рис. 1).

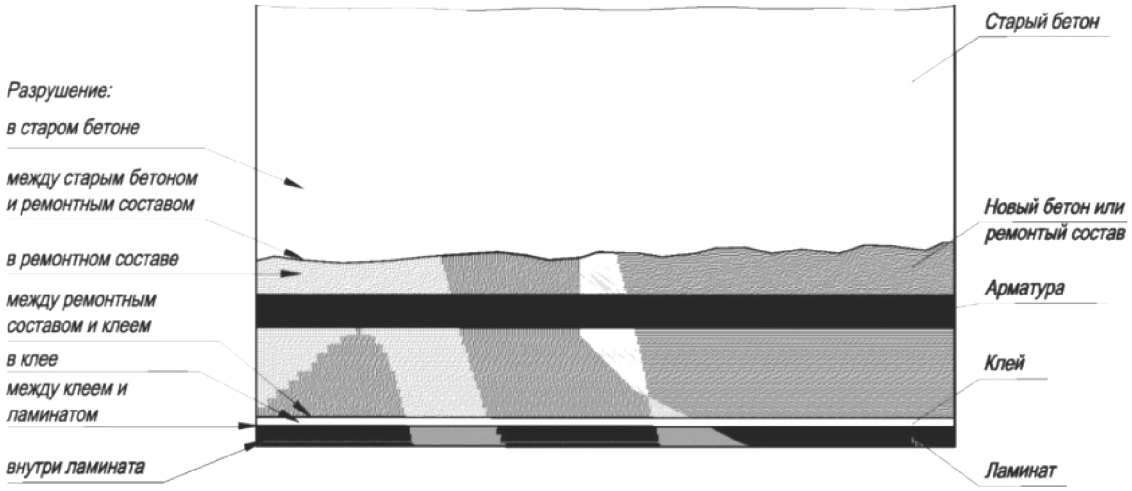


Рис. 1. Возможные зоны разрушения усиленной конструкции

Выделяют две группы режимов отказов:

Классические режимы – совместная работа конструкции и композиционного материала обеспечена вплоть до разрушения.

Отслоение – это полная или частичная потеря сцепления. Композиционный материал выключается из работы до достижения своей прочности на растяжение.

1. Классические режимы отказов

Механизм разрушения подобен неусиленным железобетонным конструкциям. Эта группа включает режимы отказов, при которых совместная работа сохраняется вплоть до одного из следующих вариантов разрушения: разрушения бетона сжатой зоны, разрушения по нормальному или наклонному сечению.

1.1. Разрушение бетона сжатой зоны

Бетон разрушается до того, как стальная арматура начинает течь. В этом случае внешнее армирование не повреждается. Характер разрушения описываемого случая – хрупкий и возможен в переармированных сечениях. Данный вариант является нежелательным, так как КМ не использует весь свой потенциал несущей способности [1].

1.2. Разрушение по нормальному сечению

Разрушение по нормальному сечению характерно для конструкций с небольшим процентом армирования. Недостаточное армирование приводит к разрыву фиброармированных полимеров (ФАП). После чего нагрузки перераспределяются на существующую стальную арматуру, в результате чего она разрушается. Характер разрушения – вязкий.

1.3. Разрушение по наклонному сечению

Как и в классическом железобетоне, разрушение может произойти по наклонному сечению раньше, чем по нормальному. Для предотвращения необходимо предусмотреть соответствующее усиление элемента, например, устройство U-образных анкеров из КМ.

2. Отслоение

Эта группа описывает отказы, при которых происходит полная или частичная потеря сцепления. Композиционный материал выключается из работы еще до того, как будет исчерпана несущая способность усиленной конструкции.

Отслоение внешнего армирования – это следствие распространения местной потери сцепления.

Часто режимы отслоения называют режимами предварительного отказа, так как они происходят до наступления классических [2].

Трещина для адгезива и КМ – это концентратор напряжения. Её раскрытие приводит к отслоению композиционного материала за счет нарушения адгезионных связей.

В зависимости от наличия и характера трещины (нормальной или наклонной) выделяют соответствующие им режимы отказа, показанные на рисунке 2:

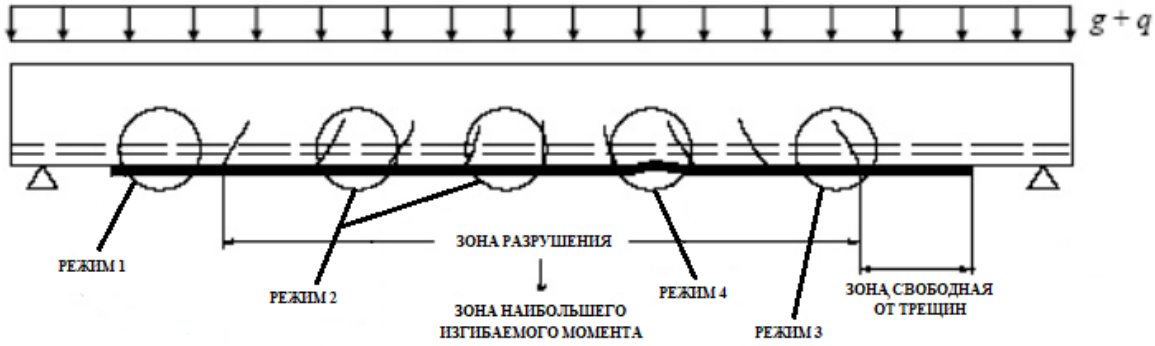


Рис. 2. Режимы отказа в зависимости от наличия и характера трещин

Режим 1 – Отслоение в зоне без трещин.

КМ может отслаиваться в зоне анкеровки в результате разрушения бетона под действием поперечных сил. Характеризуется хрупким разрушением.

Режим 2 – Отслоение при нормальных трещинах.

Нормальная трещина создает разрыв в теле бетона, который увеличивает межфазное напряжение сдвига в клеевом слое [1].

Режим 3 – Отслоение, вызванное наклонными трещинами.

Уровень касательных напряжений на концевом участке превышает предельно допустимые для КМ напряжения. Это приводит к развитию чрезмерных деформаций сдвига в клеевом слое. Режим сопровождается раскрытием наклонных трещин в бетоне.

Все эти случаи характеризуются резким возрастанием касательных напряжений по контакту «бетон – КМ». Пиковые напряжения наблюдаются на концевых участках композиционного материала.

Режим 4 – Отслоение, вызванное неровностями поверхности бетона.

Неровность поверхности бетона может привести к локальному отслоению КМ, которое происходит по линии рядом с поверхностью внутренней растянутой арматуры. Это разрушение не затрагивает заполнитель в бетоне, проходя через тонкий слой строительного раствора, составляющий поверхность бетонной балки (рис. 3) [3].

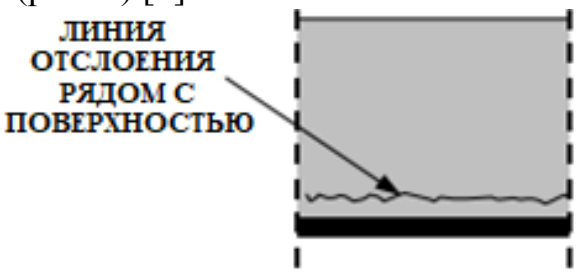


Рис. 3. Когезионное разрушение защитного слоя бетона

Отслоение на границе раздела «адгезив-КМ»

Отслоение КМ обычно начинается после достижения максимальных касательных напряжений в конце зоны передачи напряжений. Схема разрушения по границе раздела «КМ-адгезив» показана на рисунке 4а.

Отслоение по границе раздела «бетон-адгезив»

Отслоение на границе раздела «бетон-адгезив» происходит по такому же принципу, как и на границе раздела «адгезив-КМ» (рис. 4б), только в этом случае большое значение имеет качество подготовки поверхности и происходит в случае, когда прочность адгезива превышает прочность бетона.

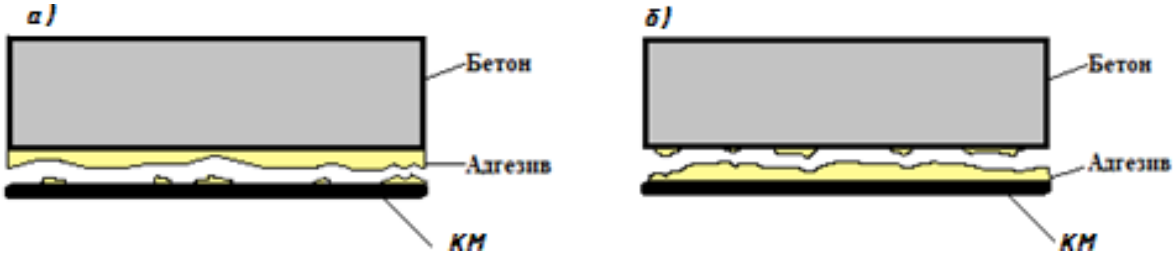


Рис. 4. Схема разрушения по границе раздела: а) «FRP-адгезив», б) «адгезив-бетон»

Разрушение защитного слоя

Отказ обычно начинается у края КМ из-за высоких напряжений, вызванных резким окончанием КМ. Образовывается трещина, которая достигает уровня внутренней арматуры и развивается горизонтально, что приводит к отделению защитного слоя [3].

Выводы: понимание причин и процесса отслоения дают возможность заложить основу для безопасного и эффективного использования технологии усиления КМ. Особенностью конструкций с внешним армированием является наличие такого специфического для них предельного состояния, как отслоение. Раскрытие трещин выступает основной причиной потери сцепления.

1. CNR-DT 200 R1/2013. Название: CNR – Advisory Committee on Technical Recommendations for Construction: release of May 15th 2014 – ROMA: CNR – 2014.

2. Smith. S.T. FRP strengthened RC beams I: review of debonding strength models / S.T. Smith, Y.B. Teng. – https://doi.org/10.1016/S0141-0296(01)00105-5 – Текст: электронный // S.T. Smith, Y.B. Teng. International Journal of Engineering Structures – 2002. – № 4 – P. 385-395. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/ abs/pii/ S0141029601001055. – Дата публикации 19.10.2020.

3. Kang Thomas H.-K. A State-of-the-Art Review on Debonding Failures of FRP Laminates Externally Adhered to Concrete / T. H.-K. Kang, J. Howell, S. K. Dong, J. Lee. – https://doi.org/10.1007/s40069-012-0012-1 – Текст: электронный // International Journal of Construction and Building Materials – 2012. – № 6. – P. 123–134. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s40069-012-0012-1. – Дата публикации 01.07.12.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА НА СВОЙСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

А.О. Булыга, В.В. Никифоров
Научные руководители: ***В.Т. Станевич****, канд. техн. наук, профессор,*
В.Г. Никифорова*, канд. техн. наук, асс. профессор*
Торайгыров университет
г. Павлодар

Несмотря на множество исследований в направлении переработки техногенного сырья, такие потенциально эффективные материалы, как металлургические шлаки, используются в настоящее время в количестве 10 % от общей массы. Общая причина низкого использования шлаков лежит в непостоянстве свойств этого продукта, неразрывно связанных с неравновесностью их формирования, нестабильностью фазового состава и структуры. Поэтому совершенствование первичной переработки, оптимизация свойств металлургических шлаков и создание ресурсосберегающих технологий получения на их основе широкой гаммы строительных материалов в настоящее время весьма актуально [1].

Цель работы – исследовать влияние замены портландцемента металлургическим шлаком при производстве строительных смесей и ячеистого бетона.

Задачей исследовательской работы является снижение стоимости строительных смесей и ячеистого бетона за счет использования отходов металлургической промышленности.

Актуальность работы заключается в улучшении экологической обстановки в регионе за счет создания безотходной технологии, т.е. использование шлака металлургических предприятий при производстве строительных смесей и ячеистого бетона.

В исследовательской работе использовали портландцемент ТОО «ПО Кокше-Цемент» ПЦ 400 Д0, известь кальциевую негашеную III сорта завода «Силикат» г. Павлодара. В качестве кремнеземистого компонента применяли песок кварцевый месторождения Керегетас и шлак Аксусского ферросплавного завода (Павлодарская область). Для обезжиривания алюминиевой пудры использовали стиральный порошок «МИФ».

Расчетная плотность бетонов была принята 800 кг/м^3 с перспективой ее дальнейшего снижения. Контрольные составы ячеистого бетона рассчитывали по методике Баженова Ю.М. [2].

Расход цемента снижали от 100 % (контрольный состав) до 5 %, при этом пропорционально добавляли шлак. Расход воды корректировали для достижения одинаковой подвижности смеси. Водотвердое отношение составляло 0,63–0,66.

Образцы изготавливали по литьевой технологии, пропаривали в автоклавах и испытывали по стандартным метолам. Результаты испытаний по плотности, прочности при сжатии и коэффициенту конструктивного качества представлены в таблице и на рисунках 1–3.

Таблица

Результаты испытаний ячеистого шлакобетона

Номер состава	Количество цемента в сырьевой смеси, %	Средняя плотность, кг/м^3	Предел прочности при сжатии, кг/см^2	к.к.к
1	100	1174	28,5	2,43
2	90	1104	24,9	2,26
3	80	848	13.3	1,57
4	70	1077	16,2	1,50
5	60	849	5,3	0,63
6	50	799	7,9	0,99
7	40	889	4,3	0,49
8	30	892	3,5	0,39
9	25	1063	6,3	0,60
10	20	932	4,3	0,46
11	15	1055	5,3	0,52
12	10	861	4,5	0,52
13	5	899	5,3	0,59

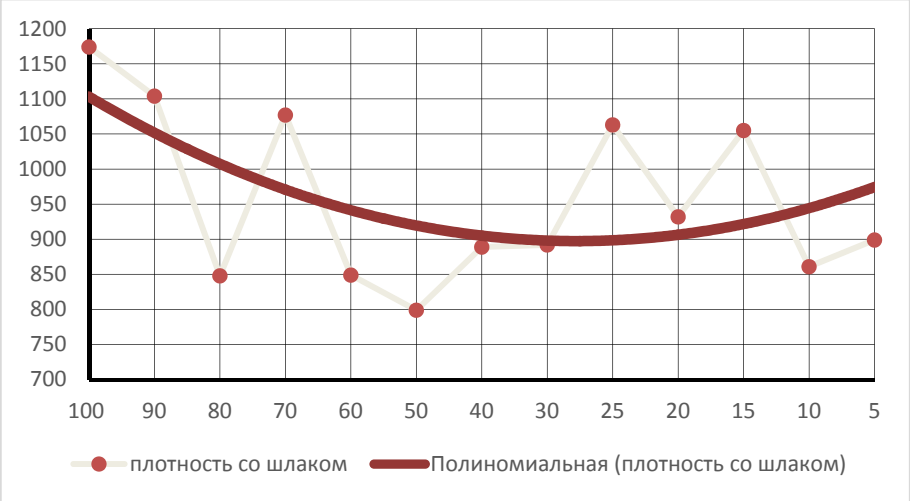


Рис. 1. Зависимость плотности ячеистого шлакобетона от количества цемента

При увеличении количества шлака до 70 % плотность ячеистого шлакобетона снижается на 18 %. Дальнейшее повышение содержания шлака в смеси приводит к повышению плотности. Возможно, что это связано с гранулометрическим составом шлака, т.к. перед использованием шлака в ячеистобетонной смеси его размалывали в шаровой мельнице в течение четырех часов. При этом модуль крупности шлака изменился от 3,68 (исходный шлак) до 0,90 (после помола). Целесообразность длительного помола можно определить экономическими расчетами и материальными затратами на электроэнергию. На-

пример, через два часа помола шлака модуль крупности составил 1,87, через три часа помола – 1,58.

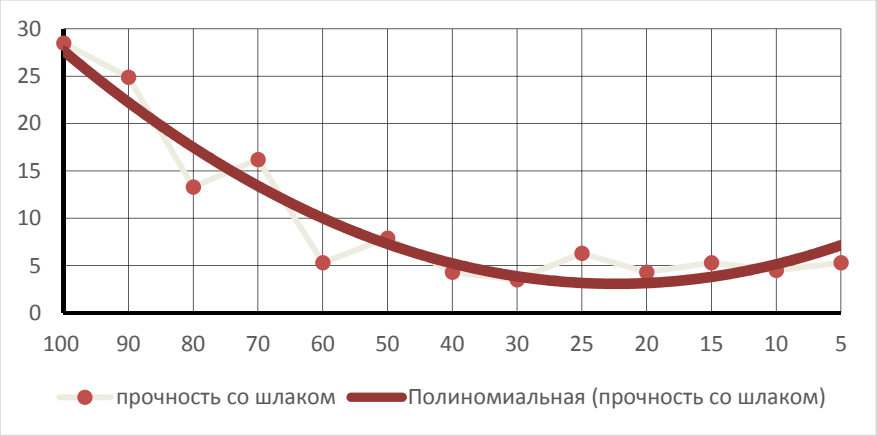


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии ячеистого шлакобетона от количества цемента

Повышение содержания шлака в ячеистобетонной смеси до 70 % приводит к резкому снижению прочности, поэтому следует ограничить содержание шлака 10 %, при этом прочность снижается на 15 %.

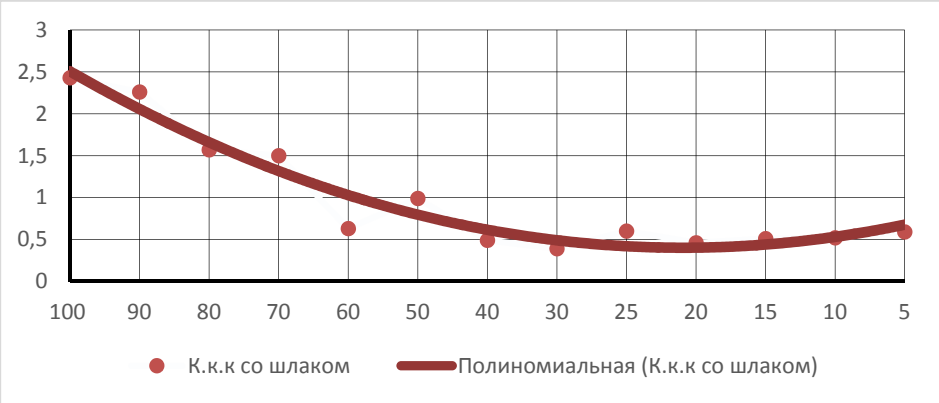


Рис. 3. Зависимость К.К.К. ячеистого шлакобетона от количества цемента

Анализируя рисунок 3, можно отметить, что добавка шлака взамен части цемента в ячеистобетонную смесь не должна превышать 5 %, т.к. коэффициент конструктивного качества снижается при этом на 20 %.

Внедрение результатов исследовательской работы позволит сократить стоимость 1 м^3 ячеистого шлакобетона примерно на 5 % за счет замены цемента металлургическим шлаком Аксусского ферросплавного завода.

1. Дворкин, Л. И. Расчетное прогнозирование свойств и проектирование составов бетонов / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2017. – 384 с.

2. Баженов, Ю. М. Способы определения состава бетона различных видов / Ю. М. Баженов. – Москва : Стройиздат, 1975. – 268 с.

ГАЗОЗОЛОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ ЭКИБАСТУЗСКИХ ТЭС

Д.В. Владимиров, В.В. Никифоров
Научные руководители ***Л.Л. Булыга****, канд. техн. наук, асс. профессор,*
В.Г. Никифорова*, канд. техн. наук, асс. профессор*
Торайгыров университет
г. Павлодар

Отходы от сжигания углей Экибастузского угольного бассейна составляют многие миллионы тонн ежегодно. Зола-унос, улавливаемая в электрофильтрах пыль, является одним из самых «популярных» объектов исследования в экологическом направлении, которому посвящены многие исследовательские работы в странах СНГ и за рубежом. Связано это с тем, что огромные массы отходов накапливаются вблизи мегаполисов, отчуждая дорогую пригородную землю с тенденцией нелинейного роста и существенно снижая рыночную ценность близлежащей земли и строений. Золоотвалы требуют огромных затрат на содержание [1].

Целью работы является получение ячеистого бетона, в частности газозолобетона, пониженной плотности и достаточной прочности.

Задачами исследовательской работы являются снижение стоимости ячеистого бетона за счет использования техногенных отходов и сокращение расхода дорогостоящих компонентов, в частности цемента и тонкодисперсного песка.

Актуальность работы заключается в улучшении экологической обстановки в регионе за счет создания безотходной технологии, т.е. использование золы-унос от сжигания угля в производстве ячеистого бетона.

В исследовательской работе использовали портландцемент ТОО «ПО Кокше-Цемент» ПЦ 400 Д0, известь кальциевую негашеную III сорта Майкаинского месторождения Павлодарской области. В качестве кремнеземистого компонента применяли песок кварцевый месторождения Керегетас и золу сухого отбора Экибастузской ГРЭС-2. Для обезжиривания алюминиевой пудры, входящей в состав алюмосодержащей добавки, использовали в качестве ПАВ стиральный порошок «МИФ».

Расчетная плотность бетонов была принята 600 кг/м^3 с перспективой ее дальнейшего снижения. Контрольные составы газобетона рассчитывали по методике Баженова Ю.М. [2].

Расход извести и песка принимали постоянными в соответствии с контрольным составом. Расход алюминиевой пудры зависит от количества вяжущего, а поскольку золу вводили взамен части цемента, то их суммарное содержание оставалось постоянным и, соответственно, расход алюминиевой пудры также оставался постоянным. Количество цемента уменьшали постепенно от 100 % (контрольный состав) до 5 %. Взамен части цемента

пропорционально вводили золу. Расход воды в исследуемых составах изменялся для достижения одинакового диаметра расплыва смеси по вискозиметру Суттарда. Расплыв составлял 25 см, при этом водотвердое отношение составляло 0,63–0,66.

Образцы изготавливали по литьевой технологии, пропаривали в автоклавах и испытывали по стандартным метолам. Результаты испытаний по плотности, прочности при сжатии и коэффициенту конструктивного качества представлены в таблице и на рисунках 1–3.

Таблица

Результаты испытаний газозолобетона

Номер состава	Количество цемента в цементно-зольной смеси, %	Средняя плотность, кг/м^3	Предел прочности при сжатии, кг/см^2	к.к.к
1	100	1174	28,5	2,43
2	90	1379	63,4	4,60
3	80	949	18,6	1,96
4	70	1413	67,5	4,77
5	60	933	10,0	1,07
6	50	926	13,6	1,47
7	40	1013	16,9	1,67
8	30	792	7,9	0,99
9	25	741	6,3	0,85
10	20	600	4.5	0,75
11	15	493	4,5	0,91
12	10	740	5,3	0,72
13	5	818	7,3	0,90

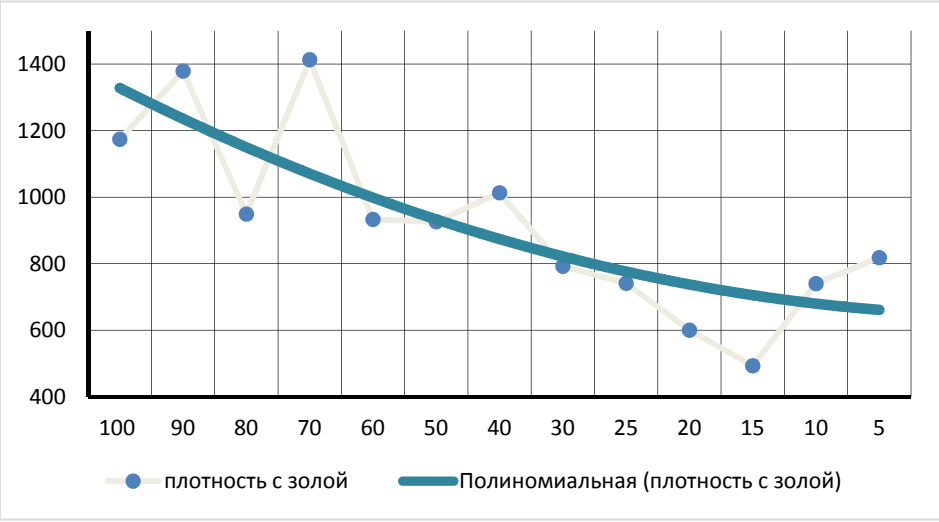


Рис. 1. Зависимость плотности газобетона от количества цемента

Поскольку лучшими считаются бетоны с максимальным значением коэффициента конструктивного качества, т.е. когда соблюдается оптимальное соотношение между прочностью и плотностью, то возможно введение золы взамен части цемента не более 10 %.

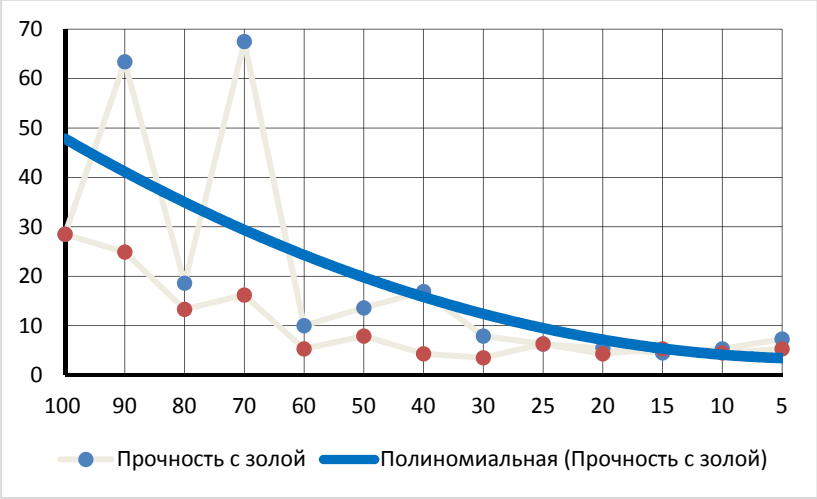


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии газобетона от количества цемента

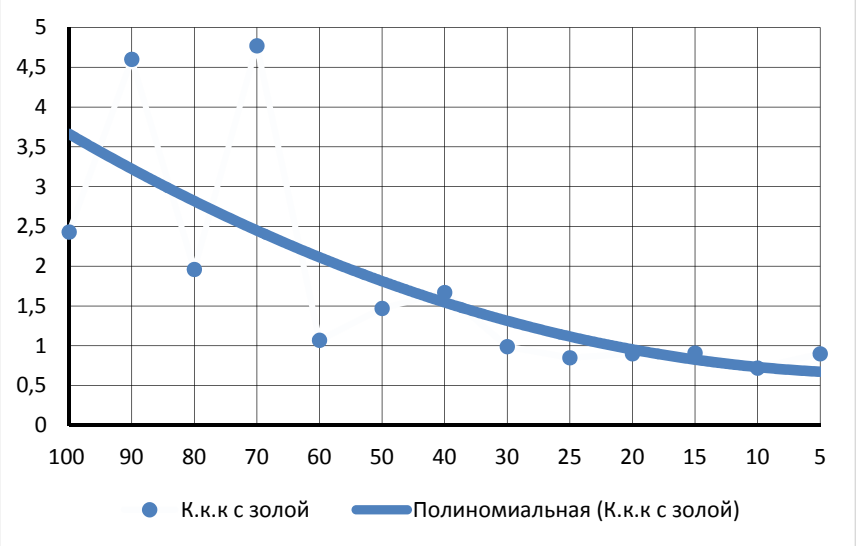


Рис.3 Зависимость К.К.К. газобетона от количества цемента

Если же целью является максимальное снижение плотности и расхода цемента при минимально возможной прочности, например с целью получения теплоизоляционного газозолобетона, то добавка золы может достигать 90 %.

Внедрение результатов исследовательской работы позволит сократить стоимость 1 м^3 ячеистого бетона примерно на 7–11 % за счет замены цемента золой-унос Экибастузских ТЭС.

1. Баранов, А. Т. Золобетон / А. Т. Баранов, Г. А. Бужевич. – Москва : Стройиздат, 1960. – 224 с.
2. Баженов, Ю. М. Способы определения состава бетона различных видов / Ю. М. Баженов. – Москва : Стройиздат, 1975. – 268 с.

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ АРМАТУРЫ В ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

А.Н. Волкова
Научный руководитель ***Н.В. Михалевич****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Целью исследовательской работы является исследование влияния расположения продольной рабочей арматуры в изгибаемой балке. Рабочая продольная арматура изгибаемых элементов, воспринимающая действие изгибающего момента, располагается в растянутой зоне, и ее площадь определяется расчетом, а размещение арматуры в сечении выполняется в соответствии с конструктивными требованиями.

Обычно по сортаменту подбирают два или четыре рабочих стержня диаметром не менее 10 мм, но при больших нагрузках может быть большая площадь, и подбор арматуры в этом случае может быть по нескольким вариантам [2].

В данной работе рассматривались пять вариантов расположения арматуры с примерно одинаковой площадью сечения, представленные на рисунках 1 и 2:

- в качестве рабочей арматуры принят один стержень диаметром 14 мм с площадью A_s=1,54 см^2;
- в качестве рабочей арматуры приняты два стержня диаметром 10 мм с площадью A_s=1,57 см^2;
- в качестве рабочей арматуры приняты три стержня диаметром 8 мм с площадью A_s=1,51 см^2;
- в качестве рабочей арматуры приняты два стержня диаметром 8 мм, расположенные по высоте балки с площадью A_s=1,01 см^2;
- в качестве рабочей арматуры приняты два стержня диаметром 8 мм, с площадью A_s=1,01 см^2.

Расчеты по определению несущей способности балок производились по методике в соответствии с СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции» в следующей последовательности [1]:

- высота сжатой зоны определяется по формуле:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s'}{R_b \cdot b}, \quad (1)$$

- момент, воспринимаемый сечением, определяется по формуле:

$$M = R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0{,}5x) + R_{sc} A_s'(h_0 - a) \quad , \qquad (2)$$

где h – высота сечения элемента, h=200 мм;

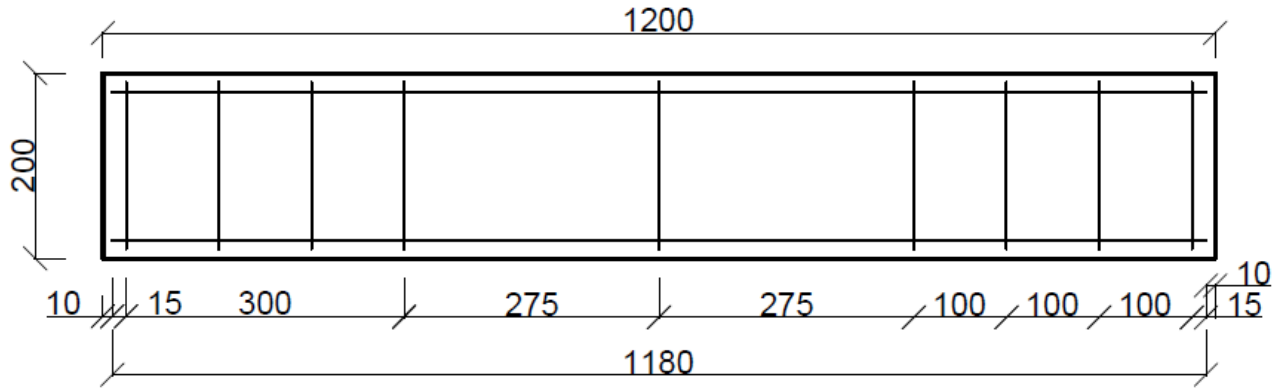
b – ширина сечения элемента, b=100 мм;

a – толщина защитного слоя, a=20 мм;

R_s – расчетное сопротивление продольной арматуры на растяжение, R_s=350 МПа;

R_{cs} – расчетное сопротивление продольной арматуры сжатию, R_{sc}=215 МПа;

R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию, R_b=8,5 МПа.



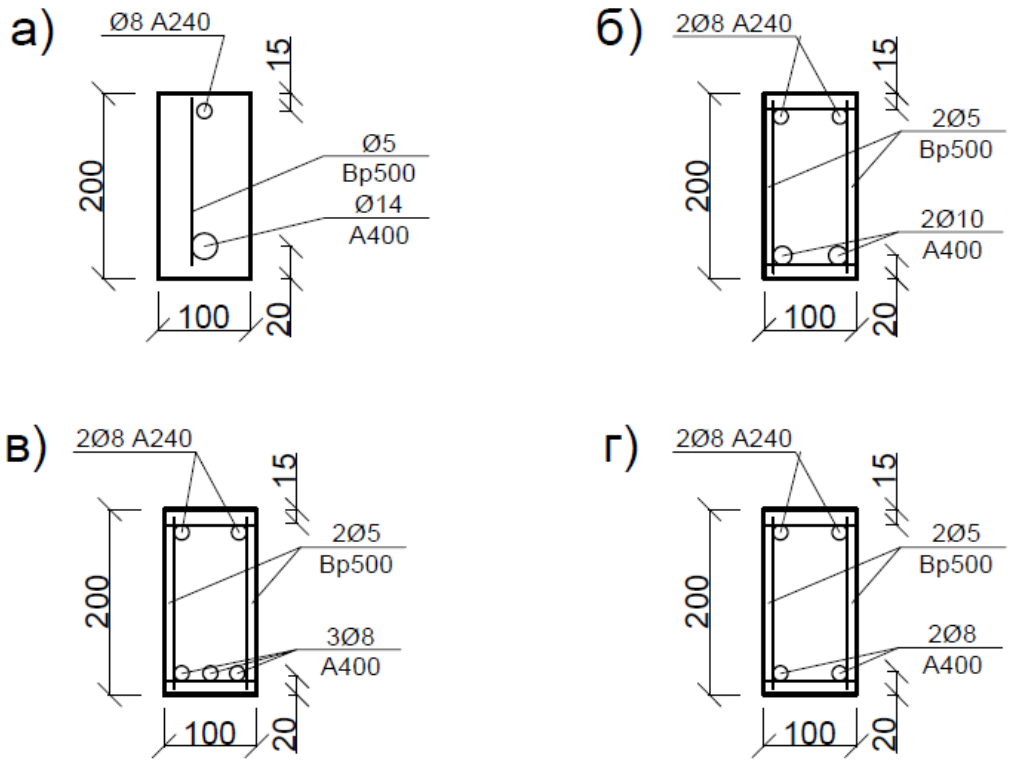


Рис. 1. Варианты расположения арматуры в изгибаемой балке

Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица

Результаты расчетов

	Вариант «а»	Вариант «б»	Вариант «в»	Вариант «г»	Вариант «д»
x	0,05	0,04	0,036	0,029	0,016
M, кНм	9,38	10,028	9,47	6,52	6,5
As, $см^2$	1,54	1,57	1,51	1,01	1,01
As', $см^2$	0,5	1,01	1,01	1,01	1,01
% изменения несущей способности	9,16	----	5,56	34.8	34.8

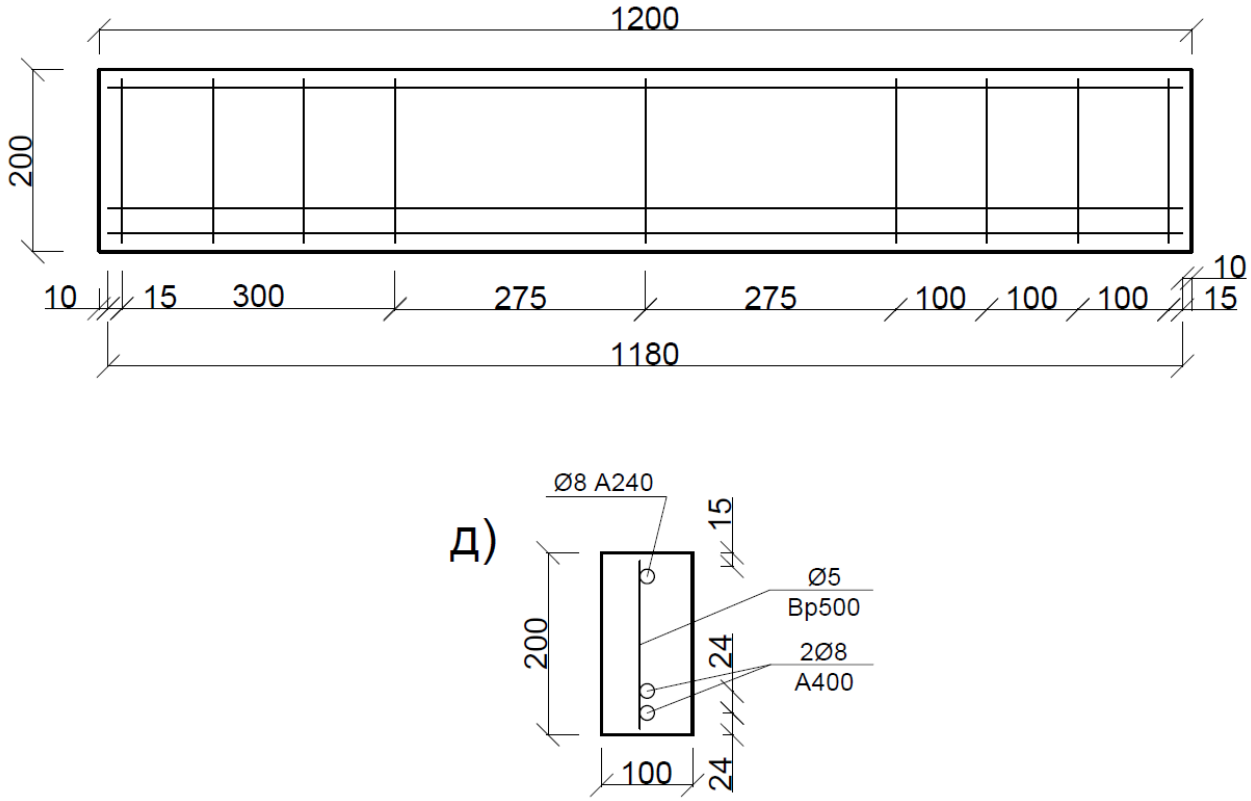


Рис. 2. Вариант расположения арматуры в изгибаемой балке

По результатам расчета построен график, показанный на рисунке 3.

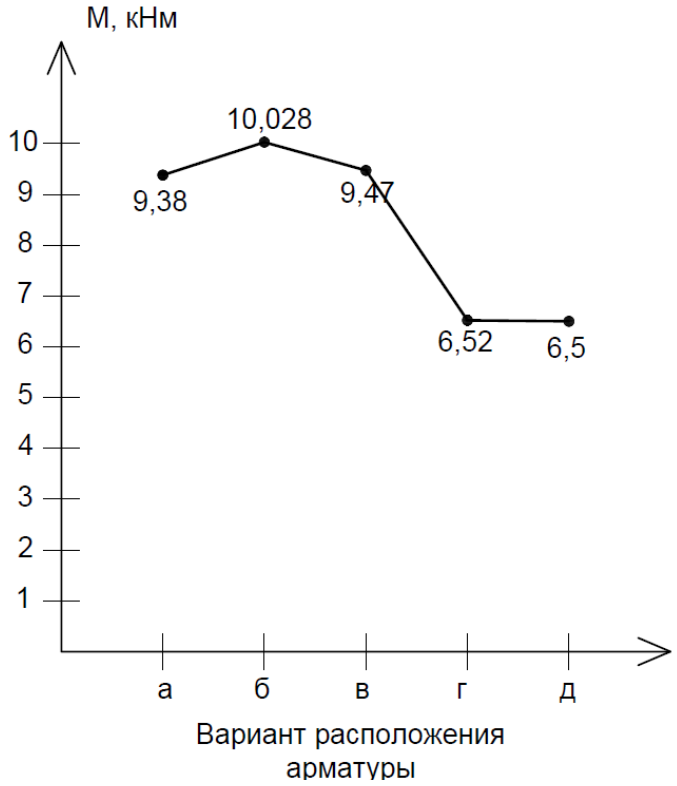


Рис. 3. График динамики изменений момента, воспринимаемого сечением

Выводы по работе.

1. Максимальная несущая способность балки получена при варианте армирования «б». При этом площадь рабочей арматуры во всех случаях примерно равнозначна, кроме вариантов «г» и «д», в которых диаметр рабочей арматуры был принят на одну ступень ниже.

2. Общее расхождение несущей способности балки составило по вариантам «а», «б» и «в» от 5 % до 9 %.

3. Соответственно, при расчетах по I группе предельных состояний расположение арматуры варианта «б» является наиболее эффективным.

4. На несущую способность влияет наличие арматуры в сжатой зоне, увеличение количества каркасов приводит к снижению несущей способности, что проявляется в схемах. Поэтому при проектировании балок, работающих на изгиб, число каркасов следует принимать минимальным.

5. При увеличении диаметра на одну ступень наблюдается увеличение несущей способности пропорционально увеличению площади арматуры, вариант «г» и «д».

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : введен 2019-06-20. – Москва : институт ОАО "НИЦ "Строительство", 2019. – 76 с.

2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к. СП-52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – Москва : ОАО НИИПромзданий, 2005. – 214 с.

УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ УГЛЕПЛАСТИКАМИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

В.Л. Зеленская
Научный руководитель ***В.М. Попов****, канд. техн. наук, доцент*
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

Углепластики – это материал, входящий в семейство композиционных, содержащих в качестве наполнителя углеродные волокна.

Углепластики завоевали бесспорное первенство в таких отраслях, как авиа-, судо-, космо-, станко-, автомобилестроение, газо- и нефтепромышленность, а также многих отраслях, напрямую не связанных с гражданским строительством.

Ввиду развития в строительной отрасли, современных тенденций к упрощению, сокращению трудозатрат и материалоемкости строительных и ремонтных работ капитального характера появилась необходимость в использовании соответствующих строительных материалов, пока не широко применяемых и изученных в РФ.

Потребность в продлении срока службы железобетонных конструкций, восстановлении их эксплуатационных свойств при проведении ремонтных работ, при реконструкции, а также при ухудшении физико-механических характеристик материалов из-за развития деформаций привела к необходимости учета при разработке проектных решений одного из наиболее рациональных подходов – усилении углепластиками.

Данный класс материалов получил наиболее интенсивное развитие благодаря таким положительным свойствам, как [2]:

- высокое значение прочности и жесткости;
- низкая плотность;
- химическая инертность;
- тепло- и электропроводность;
- высокая усталостная прочность;
- низкая ползучесть;
- низкое значение коэффициента линейного термического расширения и многое другое.

Характеристики прочности углеродных материалов в разы превышают сталь [6] и к тому же имеют в сравнении незначительный вес при усилении конструкции. Плотность углепластика варьируется от 1,2 до 2,1 г/см^3, что в 4–6 раз меньше плотности стали [6].

Наиболее важное достоинство углеволокна – это высочайшее отношение прочности к весу. Модуль упругости углеволокна может превышать 700 ГПа,

а стойкость к разрыву может достигать 5 ГПа, и при этом углеволокно на 40 % легче стали.

Еще одно важное свойство углеродного материала – высокая деформативная и усталостная стойкость. При нагрузке углепластики разрушаются без пластической деформации. Это означает, что углепластиковая лента, приклеенная в зоне наибольшей изгибающей нагрузки, действующей на железобетонную конструкцию, защищает бетон от разрушения, но при превышении уровня допустимых деформация, просто порвется, без промежуточного этапа удлинения волокон [1], наподобие площадки текучести стали. Но при всем при этом отдельные типы углеволокна, исходя из состава, по прочности на разрыв превосходят сталь [6].

Также одним из достоинств указанного материала является тот аспект, что механические характеристики углепластика остаются неизменными и постоянными при высоких температурах вплоть до +450 °С.

Среди основных недостатков можно выделить: длительное время изготовления и высокую стоимость материала.

Углеродные волокна используют для изготовления элементов, необходимая жесткость которых является приоритетным условием работы [3].

Даже учитывая широко известные положительные факторы для выбора при использовании углепластиков в конструкциях усиления, для относительно недешевого материала работа в условиях низких и отрицательных температур широко не изучена, в отличие от бетона [7].

С учетом нахождения большей части территории РФ в климатических условиях низких знакопеременных температур основными целями различных исследовательских работ может являться влияние низких и отрицательных температур, а также условия попеременного многократного замораживания и оттаивания на физико-механические характеристики [1] углепластиковых материалов, а также на способность к восприятию таких условий самой матрицей при непосредственном сцеплении железобетонной конструкции с углепластиком через контактную поверхность, обработанную клеевым составом.

Исследовательской работой в программном комплексе представлена попытка изучения сдвига в клеевом составе на контактной поверхности изгибаемого железобетонного элемента прямоугольного сечения с двойным армированием, усиленного углепластиковой ламелью в наиболее нагруженном участке, подверженном трещинообразованию.

Для моделирования и экспериментального исследования возможных деформаций был использован расчетный комплекс Ansys Workbench R1 модуль Static Structural.

Расчетный комплекс Ansys Workbench [5] не так широко применяется в сфере строительного проектирования, но моделировать условия работы и проверять свойства композитных материалов, используемых в строительстве, целесообразней и удобней именно в данной программе.

Моделью принята однопролетная железобетонная балка прямоугольного сечения 400×250 мм длинной 2750 мм. Класс бетона: В30, с двойным армиро-

ванием стальной рабочей арматурой ∅10 и конструктивной ∅8 мм, усиление произведено одним слоем углепластиковой ламели в растянутой зоне относительно приложенной нагрузки.

Балка имеет жесткую заделку по двум краям. В программном комплексе были рассмотрены два состояния: усиленная одним слоем углепластиковой ламели в изгибаемой зоне балки до воздействия на нее отрицательной температуры и после. При расчете была смоделирована ситуация, где на балку в течении трех часов воздействует постепенно уменьшающаяся температура с 0 ºС до –20 ºС.

При моделировании напряженно-деформированного состояния при проведении эксперимента железобетонная балка, композиционный материал и клей представлены объемными прямоугольными элементами solid, стержневыми элементами представлена арматура в теле бетона. Защитный слой арматуры составляет 30 мм. Принятый механизм разрушения – равномерно распределенная нагрузка 5000 Н или 509 кг, приложенная в центре пролета.

Модуль Transient Thermal указанного расчетного комплекса Ansys [5] позволяет задать элементам как условия воздействия низкой температуры, так и изучить работу элементов под влиянием этой температуры и повторно проверить ранее рассчитанные характеристики балки с заданными нагрузками.

Согласно полученным результатам проведенного исследования значительных сдвигов, деформаций и перемещений в клеевом составе на границе присоединения системы усиления к железобетонной балке не выявлено.

При проведении указанного эксперимента в расчетном комплексе Ansys были изучены опытные исследования Министерства транспорта РФ, опубликованные в 2011 году [4]. Все обследуемые сооружения и элементы, расположенные в климатическом районе, где среднесуточные отрицательные температуры воздуха достигают минус 40 ºС, за 8–10 лет эксплуатации сохранили элементы усиления и матрицу (холсты, ламели и эпоксидный клей) без признаков разрушения на границе контактной поверхности.

С учетом низкого коэффициента температурного удлинения композитных материалов и в соответствии с проведенными испытаниями, обоснована целесообразность усиления пролётных конструкций в разных регионах России с учетом организации наблюдения в течение двух-трёх лет после проведения усиления за их эксплуатацией [4] и при проведении соответствующего комплекса работ по текущему своевременному ремонту и уходу за усиленными, то есть ранее поврежденными конструкциями.

Решения о ремонте большепролетных ответственных железобетонных конструкций зданий промышленного назначения, производственных корпусов, а также конструкции мостов, тоннелей, эстакад и даже фундаментов принимаются в первую очередь на основании технико-экономических расчетов и трудозатрат, необходимых для проведения строительно-монтажных работ по восстановлению работоспособности конструкций. Учитывая климатические особенности нашей страны, большая часть таких конструкций расположена в

климатических условиях северных широт, что затрудняет проведение работ со сложными, материалоемкими процессами.

Экономическую целесообразность использования углепластиков в усилении необходимо рассчитывать на долгосрочный период эксплуатации конструкции без необходимого проведения ремонтных работ. Системы усиления внешним армированием из углепластиков наиболее конкурентоспособные для обеспечения надежности и долговечности, поврежденных [2] железобетонных ответственных конструкций. На сегодняшний день это самый «бережный» метод усиления, не требующий значительных трудозатрат, дающий возможность как увеличить прочность конструкций, так и избежать коррозионных процессов, в том числе уже начавшихся.

Активно углепластиковые материалы и технологии используются в Европе уже около 50 лет, а последние 20 лет и в России. Отечественные производители, например UMATEX «Алабуга – Волокно», АО «НИИграфит», Москва, на строительном рынке в последние годы широко представляют данные системы усиления, а также широкий спектр разнообразных видов материалов для решения задач по ремонту строительных конструкций.

Даже швейцарский производитель материалов Sika давно расположил ряд производственных мощностей в России, что не только позволяет удешевить поставки материалов на строительные объекты, но и также, сотрудничая совместно с профильными университетами, исследовательскими институтами и лабораториями, позволить при проведении теоретических и практических экспериментов в производстве использовать такой состав материала, который способен адаптироваться к климатическим условиям России.

1. Исследование возможности использования углепластиков в условиях арктического климата / Антюфеев, Н. В., Алексашин, В. М., Павлов, М. Р., Столянков, Ю. В. //Авиационные материалы и технологии. – № 4 (45) 2016.

2. Карташов, А. Б. Лекция «Полимерные композиционные материалы» / А. Б. Карташов ; МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Москва, 2019.

3. Шилин, А. А. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Картузов. – Москва : Стройиздат, 2016.

4. Отчет о научно-исследовательской работе. Исследование возможности и области рационального применения гибких лент и тканей из композиционных материалов при ремонте железобетонных конструкций мостовых сооружений с разработкой ОДК. Руководитель НИР, Первый заместитель генерального директора по науке канд. техн. наук В.В. Чванов. –Москва, 2011.

5. Доль, А. В. Решение задач механики в ANSYS : учебно-методеское пособие / А. В. Доль, Д. В. Иванов. – Саратов : Буква, 2018.

6. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций : межгосударственный стандарт : введен 1983-07-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорци-

ум "Кодекс" (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. СП 52-105-2009 Железобетонные конструкции в холодном климате и на вечномерзлых грунтах. – Москва : ФГУП НИЦ Строительство, 2009.

ПРОБЛЕМА УЧЕТА СИЛ ТРЕНИЯ-СЦЕПЛЕНИЯ ВНУТРИ СВАИ

О.В. Золотова
Научный руководитель ***В.С. Уткин****, д-р техн. наук, профессор*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Свайные фундаменты имеют широкое распространение и применение в строительстве. Исследование и совершенствование методик расчета данного вида фундамента будет влиять на безопасность зданий и сооружений в целом, а также позволит сэкономить вложенные средства.

Основная цель, поставленная в данном исследовании, – это анализ сил трения-сцепления, действующих на трубчатые железобетонные сваи.

В ходе выполнения данной работы решались такие задачи, как анализ литературных источников, в которых учитываются силы трения-сцепления. На основе анализа разрабатывалась математическая модель описания действия сил, а также проведение верификации предложенной модели путем экспериментального исследования.

Определение несущей способности сваи ведут по результатам статических испытаний. При этом рассматривается два варианта работы сваи: с учетом сил трения на внешней поверхности сваи и с учетом сил трения на внешней и внутренней поверхностях сваи. На рисунке 1 представлена расчетная схема трубчатой сваи с открытым нижним концом в однородном грунте основания.

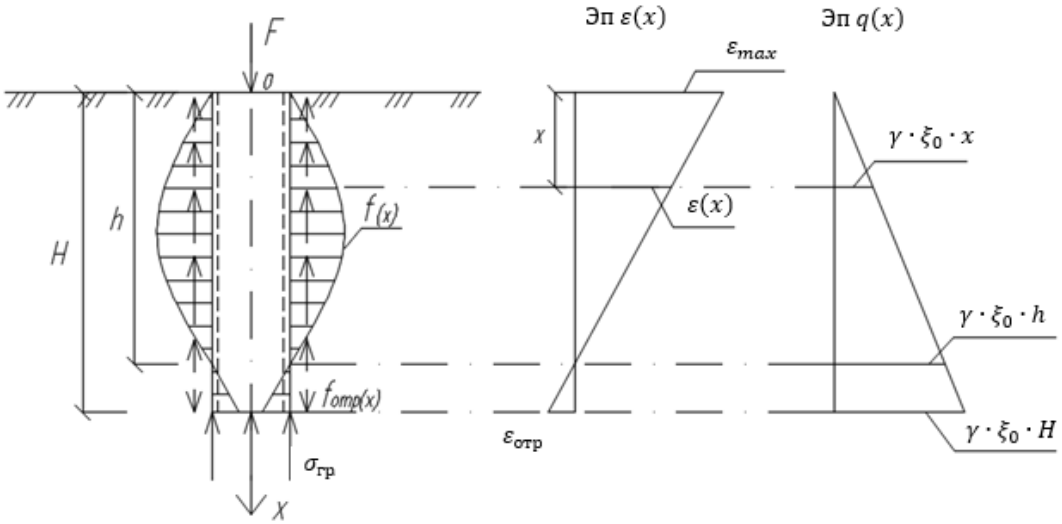


Рис. 1. Расчетная схема трубчатой сваи в однородном грунте основания

Несущая способность сваи в однородном грунте основания определяется по аналогии с [1, 2] по формуле (1):

$$F = \sigma_{гр} \cdot A + u \int_0^h \varepsilon(x) \cdot q(x) \cdot \varphi dx - u \int_h^H \varepsilon_{отр}(x) \cdot q(x) \cdot \varphi dx \,. \qquad (1)$$

Значения параметров и коэффициентов в формуле можно найти в [1, 2].

При расчете несущей способности сваи учитываются силы трения-сцепления на наружной поверхности. Также возможен вариант учета сил трения-сцепления и на внутренней части сваи. Такой вариант приведен в Руководстве по проектированию свайных фундаментов [3]. Согласно руководству, формула для расчета несущей способности сваи имеет вид (2):

$$F = m \cdot \left(m_{п1} \cdot R \cdot F_0 + u_н \sum m_{п2} \cdot f_i \cdot l_{нi} + m_д \cdot u_в \sum m_{п2} \cdot f_i \cdot l_{вi} \right), \qquad (2)$$

Значения параметров и коэффициентов в формуле (2) можно найти в [3].

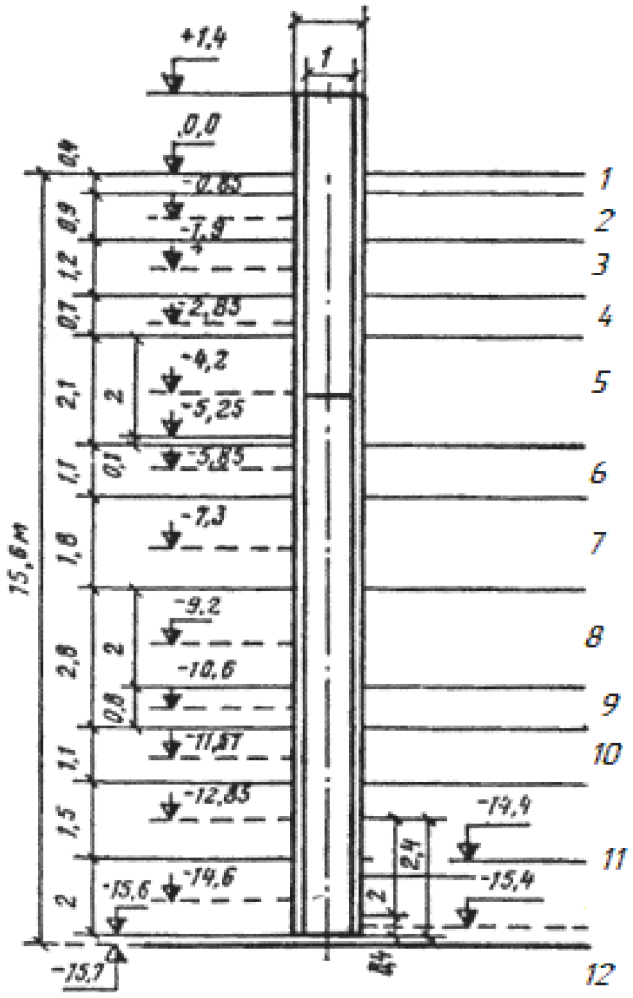


Рис. 2. Схема грунтовых условий:
1 – глина $I_L = 0{,}4$, *2 – суглинок* $I_L = 0{,}5$, *3 – глина* $I_L = 0{,}3$, *4 – песок мелкий пылеватый,*
5 – глина $I_L = 0{,}7$, *6 – глина* $I_L = 1{,}1$, *7 – глина* $I_L = 1{,}1$, *8 – глина* $I_L = 0{,}5$,
9 – глина $I_L = 0{,}5$, *10 – песок мелкий средней плотности, 11 – песок мелкий средней плотности водонасыщенный, 12 – песок мелкий водонасыщенный*

Пример. Нужно определить несущую способность сваи, диаметры $\emptyset_{\text{наруж.}} = 1{,}2$ м, $\emptyset_{\text{внутр.}} = 1{,}0$ м, длина l =17 м, способ погружения – вибратор типа ВП-80, глубина погружения 15,6 м. Грунтовые условия показаны на рисунке 2.

Определяя сопротивление на внутренней поверхности сваи учитывают 2 слоя песка мелкого средней плотности. Расчет ведется в табличной форме согласно [3].

Полученные данных подставляются в формулу (2):

$$F = 1 \cdot (1{,}1 \cdot 293{,}6 \cdot 0{,}346 + 3{,}77 \cdot 36{,}23 + 1 \cdot 3{,}14 \cdot 12{,}86) =$$

$$= (111{,}74 + 136{,}59 + 40{,}38) = 288{,}71 mc .$$

Из расчета видно, что при учете сил трения на внутренней поверхности несущая способность сваи увеличивается на 40 тс.

При большом диаметре сваи и большом расстоянии силы трения-сцепления на внутренней поверхности есть. Но если уменьшать диаметр, то грунта между стенками почти не будет. Что тогда происходит с силами трения?

Попробуем определить наличие данных сил. Для этого проведем эксперимент. В качестве модели полой сваи с открытым нижним концом возьмем трубу (в данном случае пластиковая труба). Диаметр 50 мм, длина 600 мм. Погружаем эту трубу в грунт. Грунт – крупнозернистый песок.

В результате погружения и последующего извлечения трубы из грунта видно, что как на наружной поверхности, так и на внутренней поверхности (более выражено в нижней части) есть следы от трения о грунт.

Можно сделать вывод, что силы трения-сцепления действуют внутри трубчатой сваи даже при небольших диаметрах и могут оказывать значительное влияние на несущую способность сваи.

1. Уткин, В. С. Расчет щелевых фундаментов по несущей способности грунта основания и его эффективная глубина заложения / Уткин В. С., Корепина И. А. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. – № 6. – С. 44–52.

2. Уткин, В. С. Расчет надежности висячих железобетонных свай в грунте основания / В. С. Уткин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2018 – № 1 – С. 31–36.

3. Руководство по проектированию свайных фундаментов / НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР . – Москва : Издательство стандартов, 1980. – 151 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С АУТРИГЕРАМИ

А.Э. Иньков
Научный руководитель ***И.С. Казакова****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Проектирование высотных зданий является сложной инженерной задачей, в которой очень важно соблюдать требования безопасности. Относительно давно вышли СП 263.1325800.2016 и 267.1325800.2016 [1, 2], связанные с возведением высотных зданий. Требования по проектированию там изложены, но официальных рекомендаций по их выполнению до сих пор нет. Поэтому мы обратились к источникам [3, 4, 5], в которых рассмотрен данный вопрос.

Главной особенностью расчета высотных зданий является превышение значений горизонтальных нагрузок над вертикальными. То есть необходимо использование конструкций, сопротивляющихся действию ветра и сейсмическим воздействиям. Для того чтобы подобрать экономичное и эффективное конструктивное решение, стоит рассматривать системы с этажами жесткости или аутригерами.

Аутригеры – это системы перекрестных ферм, которые перераспределяют нагрузки в схеме здания. Аутригеры бывают двух видов: обычные – вертикальные связи, передающие нагрузку от колонны к ядру по кратчайшей траектории; виртуальные – опоясывающие фермы по внешним колоннам. Очень часто обычный и виртуальный аутригеры используются совместно.

Никаких четких руководств, в каком количестве и где должны располагаться этажи жесткости, нет. В [6] утверждается, что единственный аутригер в здании оптимально устанавливать на отметке 3/5 от общей высоты. В другом источнике [7] рекомендуется расположить его на уровне от 1/4 до 2/3 высоты здания, считая от земли. По еще одному мнению этажи жесткости рекомендуется устраивать на высоте $\frac{1}{n+1}$ ... $\frac{n}{n+1}$, где n – количество аутригеров.

В высотных зданиях по действующим нормам [8] необходимо устраивать противопожарные преграды между противопожарными отсеками. В небоскребе их будет больше, чем один, так как максимальная высота пожарного отсека для общественного здания – 75 м, для жилого – 50 м. Кроме того, в небоскребах располагают много лифтов и другого инженерного оборудования, для размещения которого необходимо устройство технических этажей. Высоту подъема лифтов ограничивают, для того чтобы повысить эффективность их работы. Инженерное оборудование, в частности системы водоснабжения, также имеют ограничения по высоте действия.

Напрашивается вывод, что установка аутригеров продиктована расположением технических этажей, положение которых в свою очередь определятся противопожарными нормами и размещением инженерного оборудования.

Применение тех или иных конструктивных систем целесообразно на определенной высоте зданий (рис. 1). Поэтому для начала эксперимента была выбрана ствольная рамно-каркасная схема, так как она перестает быть эффективной при высоте здания более 40 этажей и введение аутригеров в схему может положительно сказаться на эффективности работы системы [9].

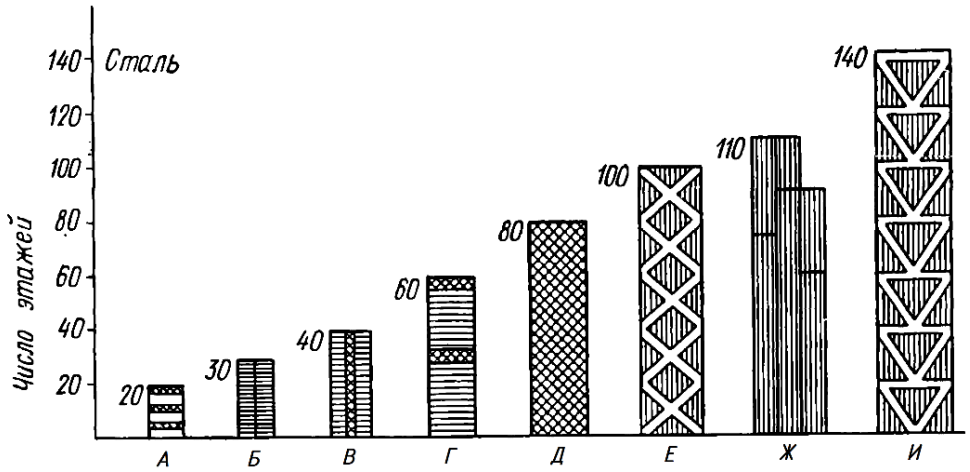


Рис. 1. Оптимальные конструктивные схемы зданий в зависимости от высоты: А – фермы в шахматном порядке; Б – каркас с жесткими узлами; В – каркас и стены-диафрагмы; Г – решетчатые пояса; Д – раскосная решетчатая коробка; Е – раскосная решетчатая коробка с внутренними колоннами; Ж – многосекционная коробка; И – мегасистема в виде наружной раскосной решетчатой коробки [9]

Цель настоящего исследования состоит в определении наиболее оптимального расположения и количества аутригеров для рамно-каркасной схемы высотного здания.

Начальные условия следующие: назначение здания – офисное, расчет производился для климатической зоны Нижнего Новгорода (снеговой район – IV, ветровой район – I), размеры в плане – 42×42 м были получены по результатам сравнения нескольких планировочных решений, размер ядра – 18×18 м, сетка колонн – 6×6 м, высота этажа 4,2 м, высота всего здания – 168 м (40 этажей).

Каркас здания исполняется целиком в металле: ригели двутаврового сечения, колонны выбраны в виде крестов из двух перекрещенных двутавров, из-за одинаковой жесткости в перпендикулярных плоскостях и возможности пропуска коммуникаций и инженерных сетей; связи в ядре и аутригеры – из парных уголков. Форма аутригеров в плане этажа выбрана исходя из результатов исследования [5]. Сталь конструкций С440, С390, С345, С255.

Светопрозрачные и ограждающие конструкции представлены структурным остеклением. Плиты перекрытия и плита покрытия – железобетонные по

несъемной опалубке из профлиста. Бетон плит легкий, класса В25 с маркой по средней плотности D1400.

Расчет производился в программном комплексе SCAD Office 21.1. К схеме были приложены нагрузки в соответствии с действующими нормами [10]. В ходе эксперимента рассматривалась работа схемы без аутригеров и с ними на технических этажах (рис. 2). Расчет ригелей и арматуры перекрытий производился автоматически.

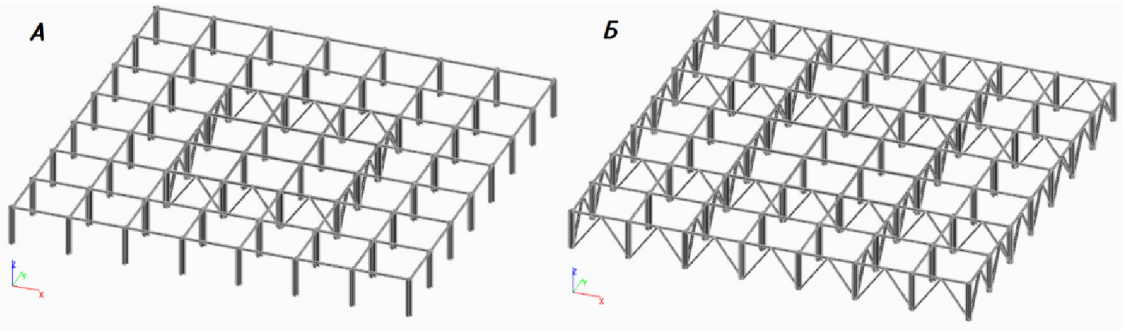


Рис. 2. Расчетные схемы:
А – типового этажа; Б – этажа с аутригерами (перекрытия условно не показаны)

Результаты расчетов показали (табл. 1), что введение аутригеров в рассматриваемую конструкцию привело к незначительному уменьшению горизонтальных перемещений здания (до 20 мм). На ускорения колебаний верхнего этажа введение аутригеров значимо не повлияло. Прогибы в плитах зависят в основном от подобранной арматуры, но введение аутригеров может увеличить усилия в перекрытиях, особенно технических этажей [7].

Таблица 1

Контролируемые параметры для рамно-каркасной схемы высотой 168 м

Параметр сравнения		Аутригер расположен на высоте (58,8 м – 1; 113,4 м – 2; 163,8 м – 3):							
		нет	1	2	3	1, 2	1, 3	2, 3	1, 2, 3
Горизонтальное перемещение, мм	Значение, мм	288,4	277,6	282,2	288,1	271,6	276,9	281,7	271,1
	Допуск h/500, мм	336							
Прогиб плит перекрытий, мм	Технический этаж, мм	25,14	26,2	27,2	27,8	25	25,6	26,7	24,7
	Типовой этаж, мм	24,26	22,82	24	24,52	21,8	22,2	23,4	21,4
	Допуск l/200, мм	30							
Ускорение колебаний верхнего этажа, м/с²	Значение, м/с^2	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
	Допуск, м/с^2	0,08							

Сечение колонн в результате введения поясов жесткости не изменилось. Но металлоемкость каркаса увеличилась (табл. 2) за счет введения дополнительных элементов (аутригеров) меньше, чем на 1 %.

Таблица 2

Сводная ведомость расхода стали

Марка стали	Аутригер расположен на высоте (58,8 м – 1; 113,4 м – 2; 163,8 м – 3):							
	нет	1	2	3	1, 2	1, 3	2, 3	1, 2, 3
С255, т	1207,9	1207,9	1207,9	1207,9	1207,9	1207,9	1207,9	1207,9
С345, т	1446,6	1471,8	1468,0	1464,2	1493,2	1489,4	1485,7	1510,9
С390, т	1556,9	1556,9	1556,9	1556,9	1556,9	1556,9	1556,9	1556,9
С440, т	1634,5	1634,5	1634,5	1634,5	1634,5	1634,5	1634,5	1634,5
$\sum$, т	5845,8	5871,0	5867,2	5863,4	5892,4	5888,6	5884,9	5910,1
Прирост массы, %	0	0,0043	0,0037	0,003	0,008	0,0073	0,0067	0,011

Стоит учесть, что возведение аутригеров также подразумевает дополнительные денежные и трудозатраты.

По результатам исследования получены следующие выводы:

- В рассматриваемой схеме введение аутригеров малоэффективно – уменьшение горизонтальных перемещений на 6 % при возрастании металлоемкости каркаса за счет дополнительных элементов (аутригеров) на 0,011 %.

- Расположение единственного аутригера в нижней части здания (на 1/4-2/3 высоты) дает больший эффект, что соответствует данным из [7].

-Расположение двух аутригеров оптимально на 1/3 и 2/3 высоты здания, что подтверждается в [7].

- Жесткость системы увеличивается при введении дополнительных аутригерных поясов, как указано в [9].

1. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 154 с.

2. СП 253.1325800.2016 Инженерные системы высотных зданий. – М.: Стандартинформ, 2017. – 93 с.

3. Казакова, И. С. Выбор конструктивного решения высотного здания с учетом динамических воздействий и обеспечения устойчивости против прогрессирующего обрушения / И. С. Казакова, Н. А. Кузнецова // Технологии бетонов. – 2019. – № 5–6. – С. 50–54.

4. Казакова, И. С. Устойчивость высотных зданий против прогрессирующего обрушения / И. С. Казакова, Н. А. Кузнецова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2019. – № 11–12. – С. 34–37.

5. Травуш, В. И. Работа высотных зданий с применением этажей жесткости (аутригеров) / В. И. Травуш, Д. В. Конин // Вестник ТГАСУ. – 2009. – № 2. – С. 77–91.

6. Энгель, Х. Несущие системы / Х. Энгель. – Москва : Астрель, 2007 – 344 с.

7. Чой, Х. С. Проектирование аутригерных систем / Х. С. Чой, Г. Хо, Л. Джосеф, Н. Матиас // Высотные здания. – 2013. – № 5. – С. 98–101; № 6. – С. 102–109; 2014. – № 1. – С. 90–93; № 2. – С. 100–106; № 3. – С. 100–106; № 4. – С. 98–101; № 5–6. – С. 120–127.

8. СП 118. 13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009. – Москва : ФАУ «ФЦС», 2012. – 82 с.

9. Шуллер, В. Конструкции высотных зданий/ В. Шуллер. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.

10. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 74 с.

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.М. Климова

Научный руководитель ***Ж.В. Кошелева****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

Дефект – это несоответствие конструкции определенным параметрам, нормативным требованиям или проекту. Дефект может быть как производственным браком, так и приобретенным в процессе эксплуатации.

Дефекты могут ухудшать нормальные условия эксплуатации, снижать несущую способность конструкций, сокращать долговечность, приводить к частичному разрушению конструкций и к аварии зданий или сооружений. Важно своевременно изучить вопрос о влиянии различных дефектов на несущую способность железобетонных конструкций, чтобы представлять, как изменение того или иного параметра повлияет на надежность элемента и здания в целом.

В данной работе анализируются такие дефекты, как отклонение положения рабочей арматуры железобетонного ригеля от проектного, а также явление коррозии стальной арматуры.

Цель работы – определить влияние дефектов на несущую способность железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Задачи работы:

1) выполнить расчет железобетонного ригеля перекрытия по 1 и 2 группе предельных состояний;

2) рассчитать несущую способность сечения железобетонного элемента с периодичностью при изменении толщины защитного слоя с градацией 1–2 мм;

3) проанализировать влияние изменения толщины защитного слоя на образование трещин от продолжительного и непродолжительного действия нагрузок;

4) изучить информацию по коррозионным процессам в арматуре, находящейся в бетоне;

5) с учетом протекания процесса коррозии определить снижение несущей способности сечения железобетонного элемента с изменением площади поперечного сечения рабочей арматуры от 1 до 100 %.

При анализе причин отказов железобетонных конструкций зданий и сооружений [1] мы выявили, что наиболее распространенной причиной аварий является некачественное выполнение строительно-монтажных работ (в 48 % случаев). При укладке арматуры в железобетонные конструкции возможно смещение толщины защитного слоя в сторону увеличения или в сторону снижения. Интересно проследить, как сильно этот дефект влияет на фактическую несущую способность конструкций.

В качестве объекта исследования выбран железобетонный ригель без предварительного напряжения, запроектированный согласно действующим нормативным документам [2]. Размеры поперечного сечения $h \times b$ = 55×30 см, бетон класса В20, рабочая продольная арматура в растянутой зоне – 2Ø16 и 2Ø18 класса А400. Толщина защитного слоя бетона a = 40 мм, тогда h_0 = 510 мм.

Для исследования влияния толщины защитного слоя бетона на характеристику несущей способности ригеля, величина защитного слоя вводилась в расчет с градацией в 2 мм, т.е. a = 30…50 мм, изменяя таким образом значение рабочей высоты сечения h_0, соответственно от 520 до 500 мм. Результаты расчета несущей способности приведены в таблице 1.

Таблица 1

Несущая способность и ширина раскрытия трещин при изменении толщины защитного слоя

h_0, мм	Несущая способность балки M, кН/м	Действующее усилие от нагрузок M, кН/м	a_{crc}, при продолжительном действии нагрузок, мм	a_{crc}, при непродолжительном действии нагрузок, мм
500	162,62	163,27	0,1769	0,2042
502	163,33	163,27	0,1785	0,206
504	164,04	163,27	0,1800	0,2078
506	164,74	163,27	0,1816	0,2097
508	165,45	163,27	0,1832	0,2115
510	**166,15**	**163,27**	**0,1848**	**0,2133**
512	166,86	163,27	0,1864	0,2151
514	167,57	163,27	0,1879	0,2169
516	168,28	163,27	0,1895	0,2187
518	168,99	163,27	0,1911	0,2205
520	169,69	163,27	0,1926	0,2224

Как видно из таблицы, несущая способность балки по первой группе предельных состояний не обеспечивается при $h_0 \leq$500 мм, т.е. при a = 50 мм.

Ширина раскрытия трещин не превышает предельно допустимых (для продолжительного действия нагрузок – 0,2 мм; для непродолжительного действия нагрузок – 0,3 мм). Также можно заметить, что трещины тем больше, чем меньше толщина защитного слоя.

При благоприятных условиях эксплуатации железобетон является прочным и долговечным материалом. Однако в агрессивных условиях, например, на предприятиях химической промышленности наблюдается разрушение железобетонных конструкций (колонны, фермы, балки, траверсы).

Причиной преждевременного разрушения элементов железобетонных конструкций является коррозия арматуры в бетоне. Исследования показывают, что коррозионные процессы могут приводить к аварийному состоянию конструкций из железобетона, которое служит причиной отказа в 10,66 % случаев, а в 4 % случаев аварий она может быть самостоятельной причиной.

Коррозия стальной арматуры – сложный физико-химический процесс. Разрушение металла происходит не мгновенно, а протекает во времени. Своевременное выявление повреждения арматуры способствует осуществлению мер по замедлению или предотвращению коррозии металла.

Она может протекать в 2 схемах развития: первый – коррозия арматуры после разрушения бетона в защитном слое (возникает при недостаточной стойкости бетона), и второй – разрушение бетона под действием растущей на арматуре ржавчины (механический характер разрушения). Чаще всего на практике наблюдается именно 2 случай коррозии арматуры и последующего разрушения конструкций из железобетона.

По характеру разрушения выделяют следующие основные виды коррозии [3]: равномерно распределенная по поверхности металла (общая коррозия); местная, или локальная (пятнами) коррозия, сосредоточенная на отдельных участках поверхности; точечная коррозия, сосредоточенная на очень малых участках поверхности, но отличающаяся глубоким проникновением; межкристаллитная коррозия.

Защитные свойства бетона зависят от его проницаемости, т.е. от фактической толщины и плотности материала в защитном слое, от вида вяжущего и режима твердения, от введения некоторых добавок в бетон, от возникновения трещин в растянутой зоне сечения. Защитные свойства бетона также меняются во времени. Это происходит из-за явления карбонизации: из-за углекислоты прочность бетона увеличивается (как правило, не более чем на 20 %), а способность защищать арматуру падает. Но не только явление карбонизации по разному действует на арматуру и бетон, влага также оказывает различное влияние на основные компоненты железобетона – в арматуре она вызывает коррозию, а в бетоне способствует увеличению его прочности.

Скорость изменения сечения стальной арматуры от коррозии прогнозировать достаточно сложно из-за наличия многих факторов, описанных выше, влияющих на протекание этого процесса.

Следует также отметить, что если арматура в конструктивном элементе располагается, например, в 2 ряда, то коррозия начнется сначала в том стержне, который ближе к защитному слою, а затем в том, что дальше от него. Также коррозия идет не равномерно по всему стержню, а чаще всего только на конкретном участке или даже точечно, при этом повреждения наблюдаются не по всей его окружности, а только со стороны, где есть доступ каких-либо «вредных» факторов (карбонизированного бетона, влаги или др.). Местная коррозия, несмотря на вызываемые ею меньшие весовые потери металла, более опасна, чем общая, так как приводит к быстрой потере прочности отдельных участков.

С учетом вышеперечисленного, в данном исследовании было принято решение определять износ арматуры в процентном соотношении. Был выполнен расчет несущей способности ригеля с учетом уменьшения площади поперечного сечения рабочей арматуры в растянутой зоне в следствие коррозионных процессов. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость площади поперечного сечения и уменьшения несущей способности

Износ, %	Снижение несущей способности, %	Износ, %	Снижение несущей способности, %
1	Запас 11,49	50	40,11
5	Запас 7,36	55	45,39
10	Запас 2,14	60	50,68
15	3,12	65	55,96
20	8,41	70	61,25
25	13,69	75	66,53
30	18,97	80	71,81
35	24,26	85	77,09
40	29,54	90	82,38
45	34,83	95	87,66

По таблице видно, что коррозионный износ арматуры практически линейно влияет на снижение несущей способности.

Выводы, полученные в результате исследования:

- Отклонение положения продольной рабочей арматуры от предусмотренного проектом (10 мм=2 % от h_0), приводит к тому, что усилия в сечении железобетонного элемента от действующих нагрузок превышают его несущую способность, что может привести к аварийной ситуации.

- Уменьшение площади поперечного сечения продольной рабочей арматуры изгибаемого железобетонного элемента на 13 % от предусмотренного

проектом приводит к тому, что элемент перестает удовлетворять условию предельного состояния по несущей способности [2].

- Изучение литературных источников по теме исследования и выполненные расчеты позволяют сделать вывод, что даже незначительные изменения проектных характеристик сечения железобетонных элементов могут повлечь за собой переход из работоспособного состояния эксплуатируемого железобетонного элемента в аварийное.

1. Климова, В. М. Анализ причин аварий железобетонных конструкций зданий и сооружений / В. М. Климова, Ж. В. Кошелева // Молодые исследователи – регионам: материалы Международной научной конференции (Вологда, 13–23 апреля 2020 г.) : в 3 томах. – Вологда, 2020 – Т. 1. – С. 340–342.

2. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19.12.2018 № 832/пр. : введен 20.06.2019. – Москва : Минстрой России, 2018. – 150 с.

3. Алексеев, С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне / С. Н. Алексеев. – Москва : Стройиздат, 1968. – 231 с.

АНАЛИЗ ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М.А. Кокина
Научный руководитель ***Н.В. Михалевич***, *канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Поперечное армирование должно быть установлено отталкиваясь от расчета на восприятие поперечных усилий и в соответствии нормативным требованиям, вместе с тем задачи – ограничить процесс трещинообразование, удержать продольные стержни в проектных положениях и закрепить их от бокового выпучивания в различных направлениях. Поперечную арматуру нужно размещать во всех плоскостях железобетонных деталей, рядом с которыми устанавливается продольная арматура. Разрешено не вводить поперечное армирование у границ тонких ребер шириной 150 мм и меньше, по ширине которых располагается только один продольный стержень.

В 2012 и 2018 году были введены новые нормативные требования, представленные в СП 63.13330.2018. Изменения коснулись также поперечного армирования. Анализ этих изменений представлен в таблице 1.

Для оценки влияния поперечного армирования на несущую способность центрально-сжатого элемента были изготовлены образцы, представленные на рисунке 1.

Рис. 1. Схема испытанных элементов:
а – шаг поперечной арматуры 125 мм;
б – шаг поперечной арматуры 100 мм;
в – шаг поперечной арматуры 75 мм

Размеры сечения 100×100 мм, класс бетона В15, продольная арматура диаметром 8 мм класса А400, поперечная диаметром 6 мм класса А 240. В процессе изготовления образцов были приняты три размера шага поперечной арматуры 125 мм, 100 мм и 75 мм, что соответствует 19d, 12,5d и 10d. Расчет несущей способности выполнялся по методике в соответствии [2].

Таблица 1

Сравнительный анализ поперечного армирования железобетонных центрально-сжатых элементов

По СНиП 2.03.01.84	По СП 63.13330.2018
1. Расчёт на действие поперечной силы	
1	2
Расчет центрально-сжатых железобетонных элементов производился как для внецентренно-сжатых элементов со случайным эксцентриситетом: $N \leq \alpha \cdot R_b \cdot A_b$ $A_b = b \cdot h \cdot (1 - \frac{2 \cdot e_0 \cdot \eta}{h})$	Расчет по прочности прямоугольных сечений центрально сжатых элементов с арматурой производится: $N \leq N_{ult}$ $N_{ult} = \varphi \cdot (R_b \cdot A + R_{sc} \cdot A_{s,tot})$
Вывод: на расчет не влияет наличие поперечного армирования.	

Окончание табл. 1

По СНиП 2.03.01.84	По СП 63.13330.2018
2. Конструктивные требования	
1. Поперечное армирование производится на всех поверхностях железобетонных элементов, около которых будет установлена продольная арматура. 2. Хомуты во внецентренно-сжатых линейных элементах устанавливаются на расстоянии: -при вязаных каркасах через 15d; -в сварных каркасах через 20d; где d – диаметр продольной арматуры. При $R_{sc} \geq 450$ МПа	1. Поперечное армирование производится на всех поверхностях железобетонных элементов, около которых будет установлена продольная арматура. 2. Во избежание выпучивания продольного армирования, во внецентренно-сжатых линейных элементах, поперечная арматура должна выполняться с шагом не более 15d и не более 500 мм (d – диаметр сжатой продольной арматуры).
- не более 400 мм и не более при вязаных каркасах – 12d, сварных – 15d. 3. Для вязанных каркасов диаметры хомутов для внецентренно-сжатых линейных деталей должны быть не менее 0,25d и не менее 5 мм. 4. Диаметр сварных каркасов для поперечного армирования, взятого из условия сварки с наибольшим диаметром продольной арматуры.	Если содержание сжатой продольной арматуры, которая находится у одной из границ элемента, более 1,5 %, поперечное армирование следует устанавливать с шагом не более 10d и не более 300 мм. 3. Для вязанных каркасов диаметры хомутов для внецентренно-сжатых элементов принимается не менее 0,25d и не менее 6 мм. Минимальный диаметр для поперечной арматуры в вязанных каркасах должен быть не менее 6 мм. 4. Диаметр сварных каркасов для поперечного армирования, взятого из условия сварки с наибольшим диаметром продольной арматуры.
Вывод: шаг поперечной арматуры по действующим нормам уменьшен на пять диаметров, а также увеличился диаметр поперечного армирования.	

Результаты испытаний и расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов на сжатие

№ опыта	Шаг поперечных стержней, мм	Критическая сила, кН	Средняя сила, кН	Несущая сила, кН
1	125	186		119,92
2	125	160	167,7	119,92
3	125	157		119,92
4	100	260		119,92
5	100	215	224,2	119,92
6	100	197,5		119,92
7	75	266		119,92
8	75	181	209,7	119,92
9	75	182		119,92

По результатам испытаний построен график, приведенный на рисунке 2.

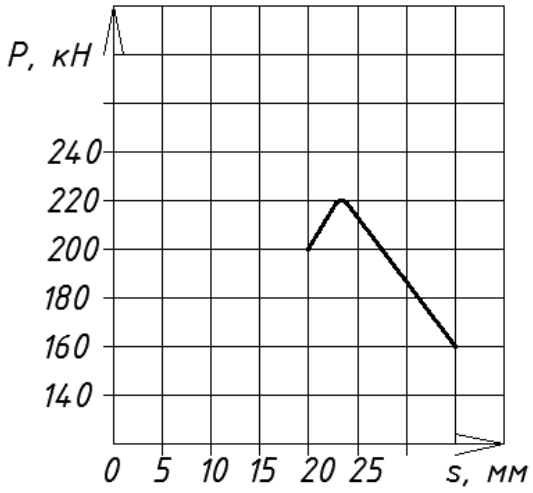


Рис. 2. График зависимости разрушающей силы от шага поперечных стрежней

Выводы по исследовательской работе:

1. Поперечная арматура непосредственно не воспринимает продольного усилия, но оказывает влияние на бетон, препятствуя его поперечному расширению.

2. Шаг поперечного армирования может приводить к увеличению или уменьшению несущей способности, в зависимости от его увеличения или уменьшения.

3. Проведённые исследования доказали, что оптимальный шаг поперечного армирования в стандартах [2] соответствует большей несущей способности, а внесенные изменения обоснованы и приведут к повышению несущей способности и надежности сжатых элементов. Оптимальный шаг в результате анализа d=100 мм.

1. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции (с Изменениями N 1, 2). Строительные нормы и правила : введен 1986-01-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум "Кодекс" (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003" : введен 2013-01-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум "Кодекс" (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ШПРЕНГЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В.В. Кузнецов
Научный руководитель ***Н.С. Новожилова****, канд. техн. наук, доцент*
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

Основными задачами при моделировании конструкции является создание расчетной модели, близкой к действительной работе конструкции, определение усилий и напряжений в сечениях, характеризующих особенности работы исследуемой конструкции. Для сталежелезобетонной плиты пролетом 12 м со шпренгельной системой существует несколько способов создания расчетной модели.

Шпренгельные системы применяются для уменьшения изгибающего момента, возникающего в плитной конструкции верхнего пояса системы, путем создания момента обратного знака с помощью затяжки (часто преднапряжённой). Это приводит к более рациональной работе конструкции и, как следствие, к уменьшению ее собственного веса по сравнению с конструкцией без шпренгельной системы.

Плита имеет два расчетных случая. В стадии монтажа она рассчитывается как стальная шпренгельная плита под нагрузкой от веса свежеуложенной бетонной смеси, а в стадии эксплуатации – по принципу сталебетонного перекрытия по профилированному настилу с учетом действующих нагрузок [1]. На данном этапе рассматривается моделирование плиты в стадии эксплуатации.

Моделирование верхнего пояса шпренгельной плиты (железобетонной плиты по профилированному настилу) осуществляется следующим образом. Бетонная часть сечения моделируется объёмными элементами 2-х видов: деформирующимися по линейному или нелинейному закону. Стальной профилированный настил моделируется плоскими, линейно деформирующимися конечными элементами. Конструкция шпренгельной затяжки представляет собой стержневые конечные элементы.

Для создания преднапряжения конструкции в стержне-затяжке создаются усилия натяжения 2-мя способами: а) особой нагрузкой, создаваемой форкопфом (нагрузка, моделирующая усилие предварительного напряжения в стержневом элемента-затяжке); б) сосредоточенными растягивающими стержень силами (пара сил), приложенными к узлам крепления элементов затяжки к пирамидальным шпренгельным конструкциям.

При создании нагрузки форкопфом программный комплекс автоматически учитывает изменение расчетной схемы и производит расчет шаговым методом, и нагрузка на шаге, кроме первого, прикладывается уже к деформированной схеме, расчет занимает больше времени, однако более точен. При моделировании усилий преднапряжения парой сил направление приложенных нагрузок не меняется и учет деформирования схемы не происходит.

При анализе напряженного состояния верхнего пояса шпренгельной плиты произведено сравнение нескольких видов расчетных моделей железобетонной плиты: а) с использованием объемных элементов с детализированной разбивкой (Д.р.); б) с использованием объемных элементов с упрощенной геометрией (У.г.); (рис 1).

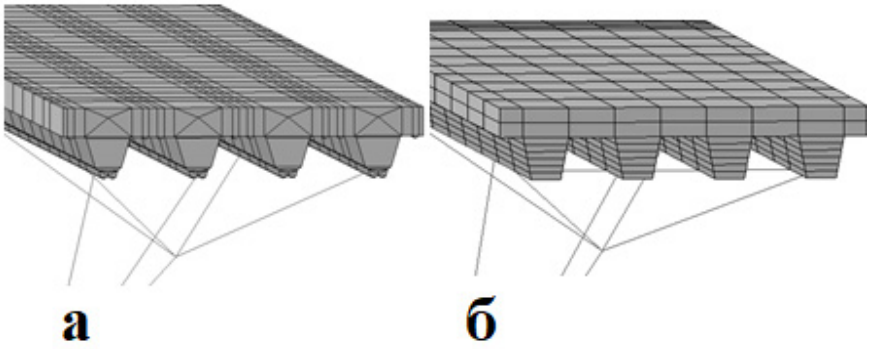


Рис. 1. Варианты модели в программном комплексе ЛИРА-САПР: а – объемными элементами с детализацией; б – объемными элементами упрощенной конфигурации

Объемные элементы применялись с разными законами деформирования материалов: а) линейный простой закон (для КЭ 34, КЭ 36); б) двухлинейный закон (для КЭ 234 и КЭ 236); в) криволинейный закон (для КЭ 234 и КЭ 236); (рис. 2).

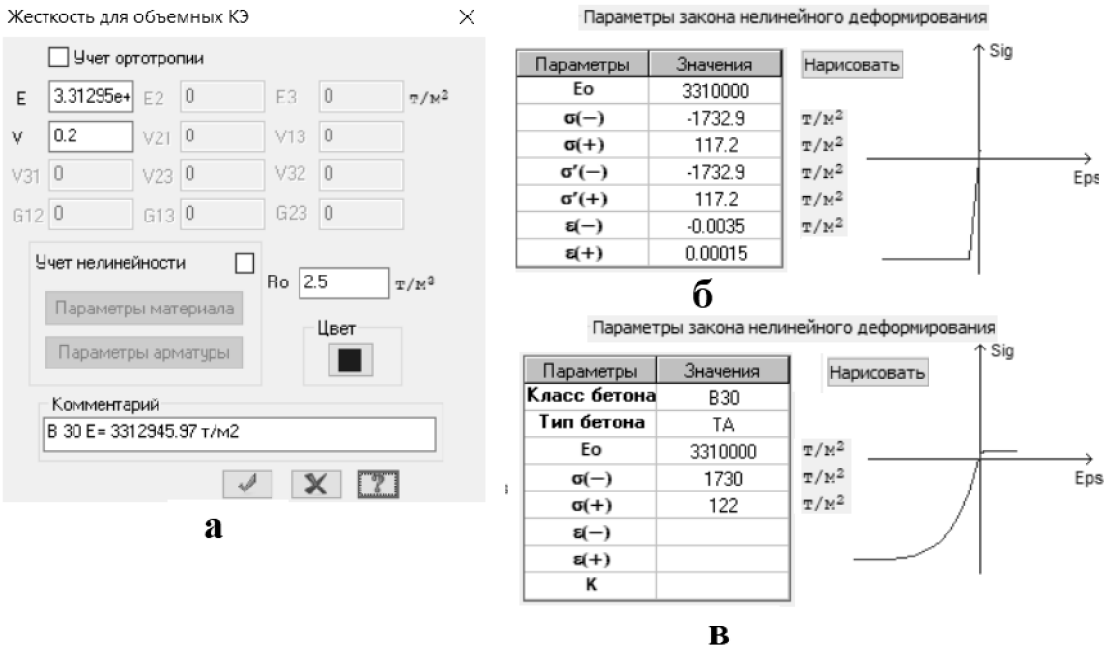


Рис. 2. Параметры законов нелинейной деформации: а – линейный закон деформирования материала для КЭ 34 и КЭ 36; б – двухлинейный закон деформирования материала для КЭ 234 и КЭ 236; в – криволинейный закон деформирования материала для КЭ 234 и КЭ 236

В вариантах А и В бетонная часть верхнего пояса конструкции выполнялась объемными элементами: КЭ 36, КЭ 34 с линейным законом деформирования и КЭ 234, КЭ 236 с двухлинейным и криволинейным законами дефор-

мирования. Стальной профилированный настил моделировался пластинчатыми элементами КЭ 44. Диалоговые окна ввода данных для расчета линейных и нелинейных характеристик бетонной части приведены на рисунке 2.

Характеристики рассматриваемых моделей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики модели шпренгельной конструкции

ВАРИАНТ ПЛИТЫ	ПАРАМЕТРЫ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ	КОНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
А-1	Д.Р./ ФОРКОПФ./ ЛИНЕЙНАЯ ДЕФ.	КЭ 36, КЭ 34, КЭ 44, КЭ 10, КЭ 208
А-2	Д.Р./ ПАРА СИЛ./ ЛИНЕЙНАЯ ДЕФ.	КЭ 36, КЭ 34, КЭ 44, КЭ 10
А-3	Д.Р./ ФОРКОПФ./ ДВУХЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10, КЭ 208
А-4	Д.Р./ ПАРА СИЛ./ ДВУХЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10
А-5	Д.Р./ ФОРКОПФ./ КРИВ. ЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10, КЭ 208
А-6	Д.Р./ ПАРА СИЛ./ КРИВ. ЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10
В-1	У.Г./ ФОРКОПФ./ ЛИНЕЙНАЯ ДЕФ.	КЭ 36, КЭ 34, КЭ 44, КЭ 10, КЭ 208
В-2	У.Г./ ПАРА СИЛ./ ЛИНЕЙНАЯ ДЕФ.	КЭ 36, КЭ 34, КЭ 44, КЭ 10
В-3	У.Г./ ФОРКОПФ./ ДВУХЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10, КЭ 208
В-4	У.Г./ ПАРА СИЛ./ ДВУХЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10
В-5	У.Г./ ФОРКОПФ./ КРИВ. ЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10, КЭ 208
В-6	У.Г./ ПАРА СИЛ./ КРИВ. ЛИН ДЕФ.	КЭ 236, КЭ 234, КЭ 44, КЭ 10

Для анализа принята модель шпренгельной плиты шириной 1 п.м пролетом 12 м под нагрузкой в стадии эксплуатации 12 кН/м. Сечение СНП было принято во всех вариантах как профилированный настил НА114Z-750-0,8 [2] с собственным весом 0,123 кН/м^2. Высота бетонной части над профилированным настилом принята 100 мм. Высоты центральной и крайних шпренгельных конструкций составили соответственно 0,9 и 0,31 м. Величина преднапряжения принималась во всех случаях 98,1 кН.

По результатам расчета были определены напряжения в стальной и бетонной частях верхнего пояса, а также перемещения узлов конструкции.

Результаты расчета в программном комплексе ЛИРА-САПР приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета моделей

ВАРИАНТ ПЛИТЫ	MAX/MIN НАПР. В ПРОФЛИСТЕ (КН /М^2)	ПРОГИБ, ММ	MAX/MIN НАПР. В БЕТОННОЙ ЧАСТИ (КН /М^2)
А-1	14705/ -6343	-30,2	1456/ -5376
А-2	13576/ -6263	-28,1	1191/ -4983
А-3	19842/ -3510	-30,9	1151/ -4974
А-4	17994/ -3543	-28,8	1149/ -4621
А-5	17883/ -3604	-29,1	1036/ -4258
А-6	18748 / -3571	-31,3	1073/ -4552
В-1	8367/ -3579	-21,1	4180/ -4228
В-2	7583/ -3476	-19,3	3758/ -3698
В-3	9624/ -3651	-20,5	1151/ -3512
В-4	8599/ -3404	-18,8	1151/ -3208
В-5	9948/ -2995	-20,8	1176/ -3257
В-6	8888/ -2753	-19,0	1163/ -2992

Наиболее существенные отличия в напряжениях наблюдаются при линейном законе деформирования (максимальные растягивающие напряжения в бетоне при использовании упрощенных элементов увеличиваются в среднем на 66 %). При двухлинейном и криволинейном законах деформирования напряжения растяжения для обоих видов объемных элементов близки (различия составляют 6 %), а напряжения сжатия несколько ниже для упрощенных элементов (среднее расхождение составляет около 22%).

При сравнении результатов использования особой нагрузки-форкопфа и пары сил, в основном наблюдается некоторое снижение величин прогибов при приложении пары сил. Кроме того, величина прогибов с применением объемных детализированных элементов несколько больше, чем при использовании упрощенных объемных элементов. Однако существенных расхождений по прогибам не выявлено (в среднем 6,7 %), а максимальный прогиб 31,3 мм составляет 1/500 пролета конструкции.

В профилированном настиле наиболее существенные отличия в напряжениях растяжения и сжатия (до 50 %) наблюдаются при моделировании объёмными элементами КЭ (упрощенными и с детализацией) при линейном законе деформирования. При двухлинейном и криволинейном законах деформирования напряжения сжатия для обоих видов объемных элементов близки (различия составляют в среднем 26 %), а вот напряжения растяжения отличаются в среднем на 41 %.

На основании анализа можно сделать предварительный вывод, что в моделях при двухлинейном и криволинейном законах деформирования объемных элементов обоих видов отдельные виды напряжений близки по значениям, однако имеются и отличия, что требует дополнительного изучения.

В качестве плюсов расчета модели с детализированной геометрии можно отметить совпадение большей части геометрических характеристик сечения профилированного настила со значениями, приведенными в сортаментах [2], в качестве недостатка – увеличение количества конечных элементов при расчете и увеличение времени расчета. В качестве положительных качеств модели с простой геометрией следует отметить простоту создания модели и повышение производительности выполнения расчетов.

Для дальнейших исследований будет рассматриваться модель типа В с уточнением геометрических параметров, увеличением количества узлов в характерных сечениях для получения более точных результатов расчета конструкции, что может уменьшить расхождение напряжений с вариантом А.

1. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования : введен 2017-07-01. – Москва : ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – институт АО НИЦ Строительство, 2017. – 124 с.

2. ГОСТ Р 58389-2019. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для сталежелезобетонных конструкций. Технические условия. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200163573 (дата обращения: 23.12.2020). – Текст : электронный.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

П.С. Лаврентьев
Научный руководитель ***И.С. Казакова****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

До настоящего времени для увеличения несущей способности металлических конструкций использовались традиционные методы их усиления [1]. Усиление металлоконструкций композитными материалами является инновационным методом, поэтому каких-либо теоретических, а тем более экспериментальных работ на эту тему практически нет. В связи с этим остро встает вопрос экспериментального исследования данного способа усиления металлических конструкций.

Цель – разработка методики эксперимента по оценке влияния композитных материалов на увеличение несущей способности металлической балки при применении их в качестве усиливающего материала.

Задачи данной работы:

- разработка модели исследования;
- выбор композитного материала и связующего;
- выбор оборудования для испытаний;
- разработка порядка проведения эксперимента;
- выполнение подготовительных работ.

Модель исследования представляет собой однопролетную шарнирно опертую двутавровую балку, на верхнюю полку которой действует равномерно распределенная нагрузка. Расчетная схема балки и стенд представлены на рисунках 1 и 2.

Устанавливается зависимость между усилением металлической балки и её несущей способностью через определение наибольших напряжений в балке до и после её усиления композитными материалами.

Для усиления металлической двутавровой балки используются следующие материалы: эпоксидный клей «Resin Laminate» и углепластиковую ламель «Lamel HS 12». Углепластиковая ламель выбрана в качестве внешнего арми-

рующего элемента в связи с относительной простотой транспортировки и монтажа.

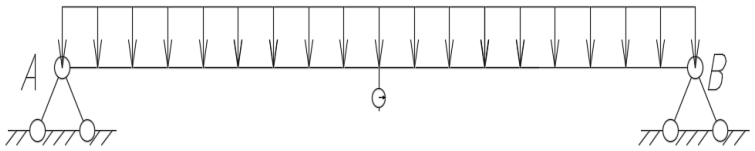


Рис. 1. Расчетная схема балки

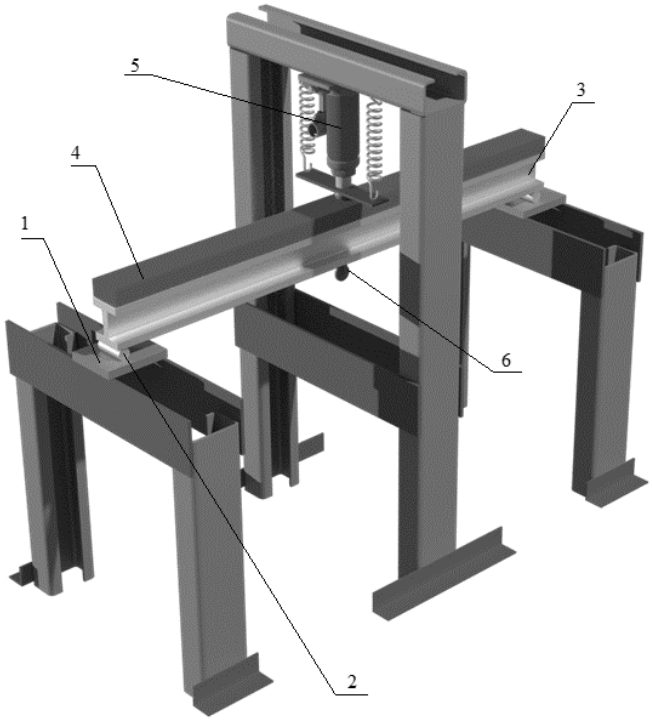


Рис. 2. Схема установки: 1 – основание; 2 – арматурный стержень; 3 – двутавр; 4 – траверса для распределения нагрузки; 5 – пресс; 6 – тензометр Аистова и прогибомер

Необходимые материалы: металлическая двутавровая балка Б10 по ГОСТ Р 57837-2017 (3 шт.), углепластиковый ламель, эпоксидные связующие (адгезив), растворитель.

Необходимое оборудование: шлифовальная машинка, щетка, перфоратор с насадкой для смешения, валик, кисть, термофен, тензометр Аистова, прогибомер, пресс.

Данная работа включает в себя три этапа:

1. Подготовительный этап:

1.1 Определение максимальной распределенной нагрузки на балку.

1.2 Теоретическое определение напряжения в балке до и после усиления.

2. Проведение эксперимента:

2.1 Установка балки на стенд.

2.2 Установка тензометра Аистова и прогибомера в середину пролета балки.

2.3 Снятие показаний с тензометра без нагрузки.

2.4 Приложение распределенной нагрузки.

2.5 Снятие показаний с тензометра под нагрузкой.

2.6 Снятие металлической балки со стенда и подготовка её к усилению углепластиковой ламелью.

2.7 Выполнение усиления металлической балки углепластиковой ламелью и повторение пунктов 2.1–2.6.

2.8 Повторение пунктов 2.1–2.7.

3. Обработка полученных данных:

3.1 Статистическая обработка результатов эксперимента.

3.2 Сравнение теоретических и экспериментальных данных.

Определение максимальной распределенной нагрузки на балку выполнено в программном комплексе SCAD Office. Максимальная распределенная нагрузка равна 6,7 Т/м, диаграмма факторов представлена на рисунке 3.

Проверка		Коэффициент	
Прочность при действии поперечной силы	п.8.2.1	0,64	
Прочность при действии изгибающего момента	п.8.2.1	0,99	
Устойчивость плоской формы изгиба при действии момента	п.8.4.1	0,99	

Рис. 3. Диаграмма факторов при распределенной нагрузке 6,7 Т/м

Для усиления используются следующие материалы: эпоксидный клей «Resin Laminate» и углепластиковый ламель «Lamel HS 12». Углепластиковый ламель выбран в качестве внешнего армирующего элемента в связи с относительной простотой его транспортировки и монтажа.

Теоретический расчет балки до и после усиления выполняется в программе Ansys Mechanical. На основании физико-механических характеристик данных материалов в программе Ansys Mechanical построены линейная ортотропная модель углепластикового композита и упругая изотропная модель эпоксидного клея.

Результаты расчета балки до и после усиления представлены в таблице.

Таблица

Сравнение результатов расчета

	Максимальные главные напряжения, МПа	Максимальные деформации, мм
До усиления	159,16	7,03
После усиления	68,275	2,74
Δ	57 %	61 %

В результате расчёта усиления металлической двутавровой балки углепластиковой ламелью получено снижение напряжения в середине пролёта на 57 % и снижение деформации на 61 %.

По завершении первой и второй стадий работы выполняется статистическая обработка результатов эксперимента [2] и сравнение полученных теоретических данных с экспериментальными.

При статистической обработке результатов эксперимента все расчеты выполняются с учетом разброса характеристик с определением среднего значения исследуемого параметра, среднеквадратичного отклонения, точности результатов испытаний и доверительного интервала для исследуемого параметра.

В результате данного исследования получим реальные данные о влиянии композитных материалов на несущую способность металлической балки и сможем сделать выводы о целесообразности применения данного вида усиления в металлических конструкциях

1. 1. Казакова, И. С. Реконструкция зданий и сооружений: учебное пособие [для всех форм обучения направления 270800.62 – Строительство] : в 2 частях / И. С. Казакова. – Вологда : ВоГТУ, 2013. – Ч. 2. – 82 с.

2. ГОСТ 8.736 – 2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения : введен Приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 1045-ст. – 23 с.

ОСОБЕННОСТИ УСИЛЕНИЯ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ TRM (TEXTILE REINFORCED MORTAR)

В.А. Митин
Научный руководитель ***Н.С. Новожилова****, канд. техн. наук, доцент*
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург

Большая часть существующих каменных зданий является исторически ценными объектами, которые необходимо сохранить, восстановить и приспособить для современного использования. Это обычно приводит к увеличению нагрузок на несущие кирпичные конструкции и, в частности, к увеличению эксцентриситета их приложения. В связи с этим возникает потребность в поиске новых методов усиления каменных конструкций.

На данный момент в России наиболее распространены традиционные способы усиления – металлические и железобетонные обоймы, замена (перекладка или устройство металлических или железобетонных сердечников) ослабленных участков кладки, инъектирование. Несомненно данные меры эффективно увеличивают несущую способность конструкции, однако у традиционных методов усиления можно выделить несколько существенных недостатков: 1) изменяется внешний облик и конфигурация усиливаемой конструкции, что не допустимо при реконструкции и усилении исторических объектов; 2) высокая трудоемкость и сложность выполнения работ по усилению; 3) увеличение собственного веса или/и уменьшение внутреннего полезного объема зданий (например, при устройстве железобетонных обойм).

Увеличение объема производства новых синтетических материалов, обладающих высокими прочностными характеристиками, привело к исследованию применения новых композитных материалов в строительстве. В частности, исследовалось применение композиционных материалов для усиления каменных кладок [1].

Системы на основе ламелей, матов или сеток, изготавливаемые из новых материалов, соединенных с усиливаемой конструкцией, обычно с помощью органических вяжущих (матрицы), например эпоксидного клея, показали достаточно высокий прирост прочности по отношению к не усиленной кирпичной кладке [1, 2]. В англоязычной литературе такие системы усиления стали известны как FRP (Fibre Reinforced Polymers).

Однако при применении FRP в реальной жизни был выявлен ряд недостатков данной технологии усиления, которые, в основном, связанны с применением эпоксидных смол в качестве связующего материала [3]:

- опасность при работе – существует высокий риск получения травм рабочими при не осторожном обращении с эпоксидными смолами;

- невозможно наносить эпоксидные смолы на влажные поверхности;
- матрицы на органических вяжущих непроницаемы для пара, что ухудшает эксплуатационные показатели конструкции;
- разные термические коэффициенты у кирпича и эпоксидной смолы вызывают несовместимость деформаций, что может привести к образованию трещин;
- эпоксидные смолы невозможно наносить при низких температурах;
- низкая огнестойкость получаемого полимерного композита;
- высокая стоимость эпоксидных смол;
- плохое сцепление с шероховатыми и неровными поверхностями кладки.

Заменена матриц на основе органических вяжущих на неорганические вяжущие позволила избавиться от части вышеперечисленных недостатков. Особенно перспективным данный метод оказался при усилении зданий, где важно сохранить хорошие эксплуатационные качества конструкции, в частности паро-проницаемость и однородность применяемых материалов, например при усилении исторических зданий с сохранением внутренних интерьеров, так как при отделке применялось большее количество фресок, которые очень чувствительны к температурно-влажностному режиму помещения. Данная система получила название Textile Reinforced Mortar (TRM) – растворы, армированные тканями или сетками.

TRM, также известный как FRCM (цементная матрица, армированная тканью) или TRC (бетон, армированный текстильным материалом), представляет собой композитный материал, состоящий из полотен (армирующий элемент), которые с помощью неорганических вяжущих (матрица) присоединяется к усиливаемому кирпичному элементу, что обеспечивает совместную работу кладки и ткани.

Текстильные материалы для TRM представляют собой тканевые сетки или полотна, состоящие из прядей (нитей), переплетенных минимум в двух (обычно ортогональных) направлениях. Количество нитей, в каждом направлении может меняться независимо, что будет определять механические характеристики материала и степень проникновения связующего раствора сквозь отверстия в сетке. В качестве волокон нитей обычно используют устойчивые к щелочам стеклянные, углеродные, базальтовые, арамидные волокна [3]. В качестве связующего материала, матрицы, применяется сильно подвижные растворы, чаще всего на основе цементного вяжущего.

Исследования [4, 5] показали, что применение TRM в качестве усиливающего материала для каменных конструкций повышает сопротивляемость кладки осевым нагрузкам, сдвигу в плоскости и изгибу вне плоскости.

TRM – это композитный материал, в котором волокна воспринимают растягивающее усилия, а матрица обеспечивает передачу нагрузки с кирпичной кладки на армирующую ткань и распределяет нагрузки между волокнами,

а также защищает волокна от окружающей среды. Передача нагрузки с раствора на нити ткани обеспечивается за счет механических связей, которые обеспечиваются за счет образования кристаллов цементного камня между нитями ткани, а также за счет сил сцепления матрицы с нитями ткани. Однако растворы на основе неорганических вяжущих не могут полностью проникнуть и окутать волокна нитей, что связано с размером кристаллов цементных зерен: они значительно больше, чем пространство между волокнами. Как следствие, связи между волокнами нитей и между матрицей и нитями не идеальны, и возможно проскальзывание как волокон в составе нитей, так и нитей по отношению к матрице, что приводит к неравномерному распределению напряжений в нити.

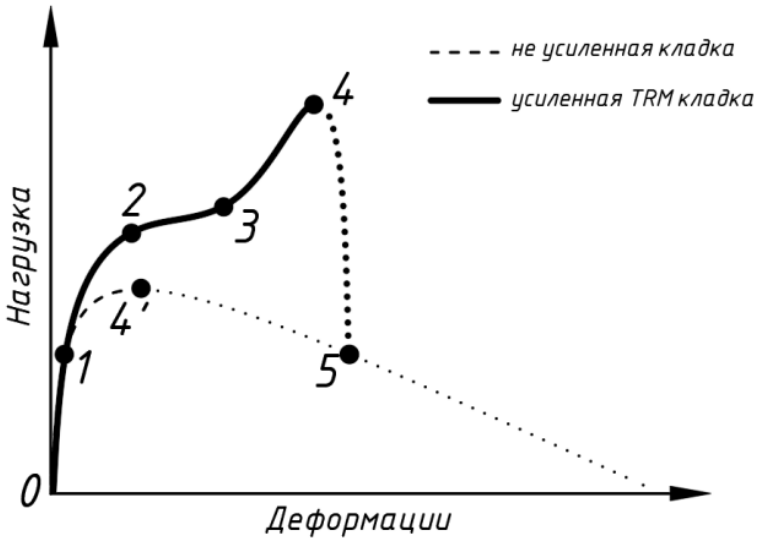


Рис. Зависимость деформаций неусиленной и усиленной TRM кирпичной кладки

На рисунке показаны идеализированные зависимости деформаций кирпичной кладки (0-1-4') и кладки, армированной TRM (0-1-2-3-4) при внецентренном нагружении, полученные в результате анализа результатов экспериментальных данных [3].

Деформации неусиленной кирпичной кладки характеризуется начальной почти линейной фазой (0-1), в которой поперечное сечение полностью сжато. Увеличение изгибающего момента из-за внецентренного приложения нагрузки вызывает развитие трещин и уменьшение поперечного сечения, что приводит к снижению жесткости (только сжатая часть сечения воспринимает нагрузку) и увеличивает деформации по мере приближения к нагрузке разрушения (1-4').

Кладка, усиленная TRM, в начале на некотором участке (0-1) деформируется так же, как и неусиленная, – это объясняется тем, что поперечное сечение полностью сжато и вклад TRM в восприятие нагрузки незначительный. Примерно в точке 1 в работу начинает включаться TRM за счет появления напряжений растяжения в краевых волокнах вследствие увеличения изгибающего момента. Растягивающие усилия воспринимаются волокнами армирующей ткани, что увеличивает жесткость и прочность сечения. На участке (1-2) во

внешнем растянутом слое матрицы появляются микротрещины. На отрезке (2-3) происходит увеличение деформаций практически без увеличения нагрузки за счет разрушения слабых связей между матрицей и армирующем слоем и проскальзывания не связанных волокон в нитях. Далее наблюдается некоторый рост прочности на участке (3-4) – это связано с тем, что растягивающая нагрузка передается с матрицы на волокна за счет сохранившихся связей (сил сцепления) между матрицей и волокнами. В точке 4 достигается максимальная прочность, после чего происходит отказ TRM вследствие либо отслоения волокон от матрицы, либо проскальзывания нитей волокна друг относительно друга, либо вследствие разрыва нитей. Отказ TRM приводит к падению прочности, в результате реакция усиленной кладки совпадает с не усиленной (точка 5).

Таким образом, пригодность TRM в качестве укрепляющего и усиливающего материала для каменных конструкций обусловлена: высокой прочностью, небольшим весом, минимальным объемом подготовительных работ, устойчивостью к воздействию повышенных температур, возможностью выполнения работ при низкой температуре, хорошей паропроницаемостью, простотой и безопасностью применения материалов для рабочих, химической и механической совместимость с различными кирпичными поверхностями.

Однако широкое распространение TRM ограничено отсутствием полноценной аналитической модели, которая позволяла бы с помощью формульных зависимостей выполнять инженерные расчеты несущей способности усиленных кирпичных конструкций, в частности это связано с недостаточной исследовательской базой, которая с высокой точностью описывала бы возможные случаи отказа конструкции.

1. Triantafillou, T. C. Strengthening of masonry structures using epoxy-bonded FRP laminates / Triantafillou, T. C. // J. Compos. Constr. – № 2. – 1998. – P. 96–104.

2. Fiber-reinforced polymer composites for construction--state-of-the-art review / Bakis C. E., Bank L. C., Brown V. L. [et al.] // J. Compos. Constr. – № 6. – 2002. – P. 73–87.

3. Leonidas Alexandros S. State-of-the-art on strengthening of masonry structures with textile reinforced mortar (TRM) / Leonidas Alexandros S., Thanasis C. // Construc-tion and Building Materials. - Vol. 188. – M. : Elsevier BV – 2018. – P. 12–21.

4. Martins, A. Experimental assessment of an innovative strengthening material for brick masonry infills / A Martins, G. Vasconcelos, R. Fangueiro, F. Cunha // Compos. Part B Eng. – № 80. – 2015. – P. 328–342.

5. Effectiveness of FRCM reinforcement applied to masonry walls subject to axial force and out-of-plane loads evaluated by experimental and numerical studies / A. Bellini, A. Incerti, M. Bovo, C. Mazzotti // Int. J. Archit. Herit. – № 12. – 2018. – P. 376–394.

АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК

В.Ю. Пивень
Научный руководитель ***С.А. Соловьев****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Исследование нагрузок на сооружения – это одна из главных задач строительной механики. Среди нагрузок на строительные конструкции наиболее изменчивыми с большим статистическим разбросом являются снеговые.

Неоднократные обрушения покрытий зданий из-за снеговой нагрузки привели к тому, что задача нормирования снеговых нагрузок на покрытия сооружений стала весьма актуальной.

В ряде случаев модель снеговых нагрузок, рекомендованная в стандартах, занижает фактические нагрузки.

Значение снеговой нагрузки имеет случайный характер изменений во времени. Следовательно, наиболее приемлемой формой ее отображения является вероятностная модель случайного процесса, значения параметров которой варьируются в зависимости от территориальной принадлежности конкретному снеговому району.

Статистическая оценка годовых максимумов снеговой нагрузки для г. Вологды.

Вологодская область расположена в зоне умеренно-континентального климата со сравнительно теплым коротким летом и продолжительной холодной зимой.

Источники максимальной высоты снега – базы данных Гидрометеоцентра – представлены на рисунке 1.

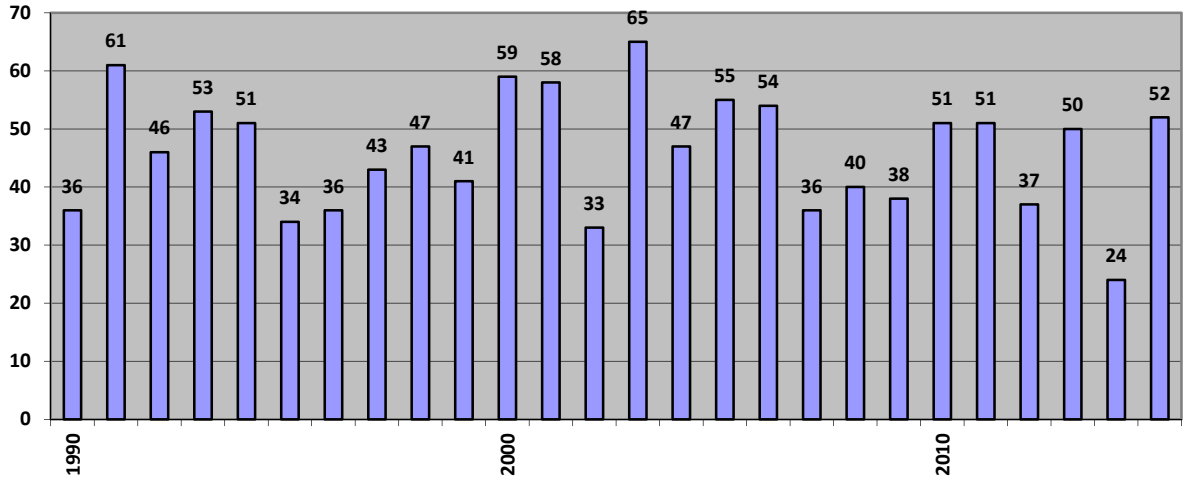


Рис. 1. Ежегодные значения максимальной высоты снегового покрова, см

Значения годичных максимумов S_m получим, умножив значения максимальной высоты на плотность снега. По ГОСТ Р 53613-2009 «Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Осадки и ветер» плотность свежевыпавшего снега изменяется в пределах от 70 до 150 кг/м^3, а плотность слежавшегося снега изменяется в пределах от 200 до 400 кг/м^3 (рис. 2, 3).

В исследовании используется интервал [200;400].

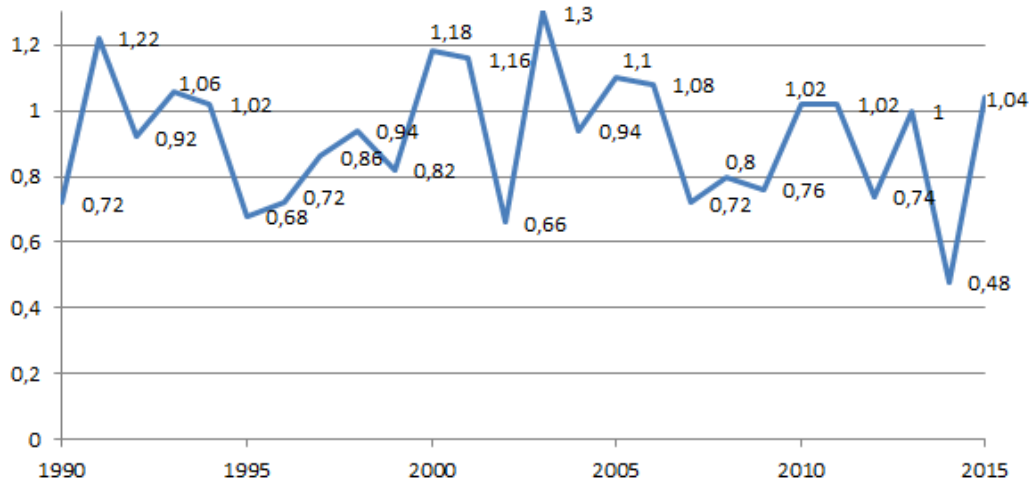


Рис. 2. Годичные максимумы снегового покрова при плотности снега 200 кг/м^3, кПа

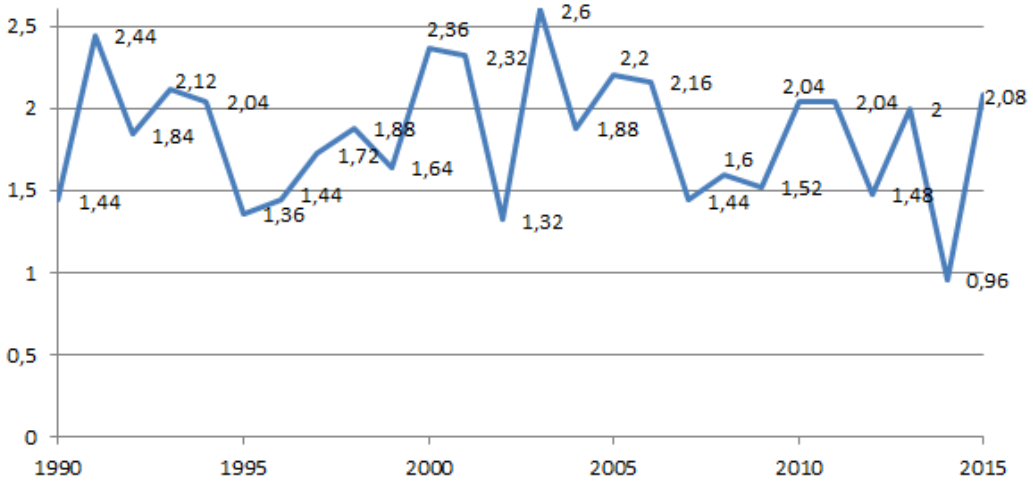


Рис. 3. Годичные максимумы снегового покрова при плотности снега 400 кг/м^3, кПа

Были проанализированы исследования [2] и [3], где рассмотрены подходы к моделированию нагрузок, а также методы расчетов надежности строительных конструкций.

По результатам многочисленных исследований среди всех известных моделей, формализующих вероятностный подход к формированию снеговой нагрузки, выявлен наиболее предпочтительный. Он заключается в представле-

нии выборочной последовательности годичных максимумов S_m в виде непрерывной случайной величины, распределенной по закону Гумбеля.

Функция распределения имеет вид:

$$F(S_m) = \exp\left[-exp\left(\frac{\alpha - S_m}{\beta}\right)\right],$$

где $\alpha = 108{,}24$ и $\beta = 41{,}184$ – параметры распределения Гумбеля для IV снегового района по статье Золиной Т. В. [1].

Графическое представление закона распределения случайной величины годичных максимумов по расчетным значениям приведено на рисунке 4.

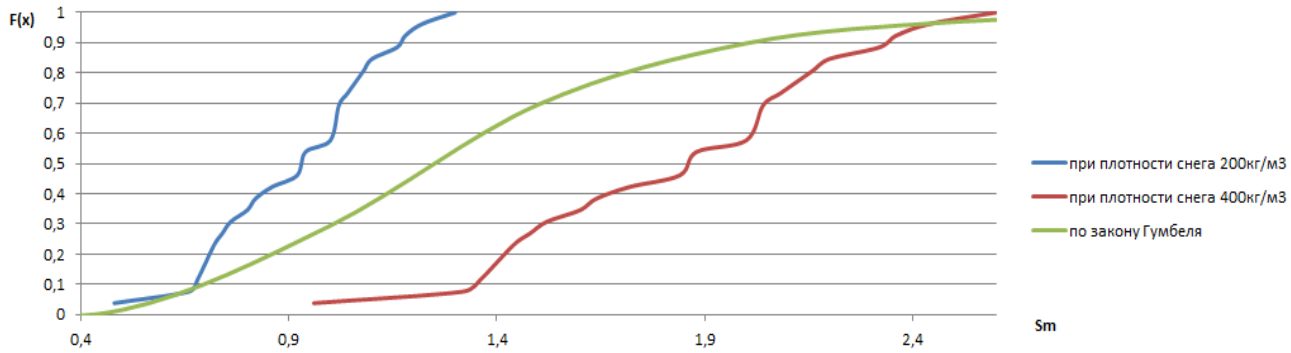


Рис. 4. Распределение случайной величины годичных максимумов веса снежного покрова

Значения снеговой нагрузки, указанные в таблице 10.1 СП 20.13330.2016, допускается уточнять в установленном порядке на основе данных организаций по гидрометеорологии для места строительства. В этом случае ние S_g следует вычислять по формуле:

$$S_g = S_{g,50}/1{,}4,$$

где $S_{g,50}$ – превышаемый в среднем один раз в 50 лет ежегодный максимум веса снегового покрова, определяемый на основе данных многолетних маршрутных снегосъемок о запасах воды в снеговом покрове на защищенных от прямого воздействия ветра участках местности.

Тогда значение снеговой нагрузки определяется с обеспеченностью 0,98.

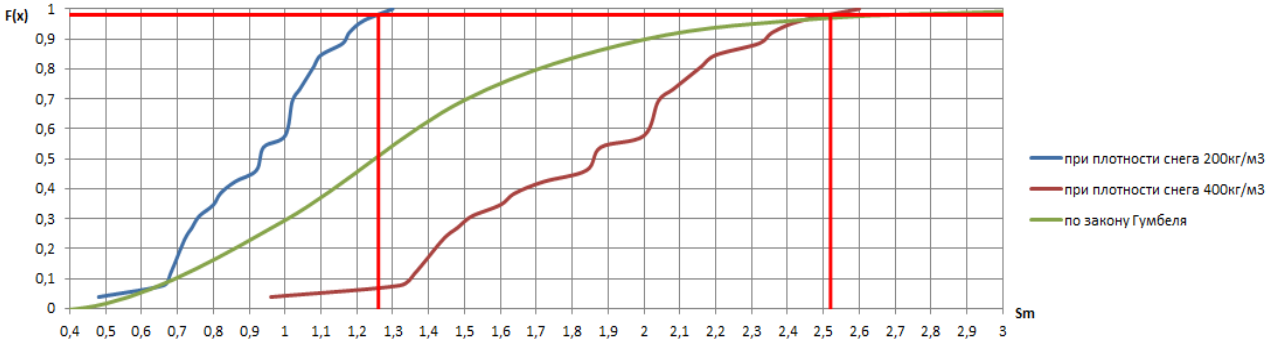


Рис. 5. Значения снеговой нагрузки с обеспеченностью 0,98 для распределения случайной величины годичных максимумов по расчетным значениям, кПа

Из рисунка 5 видно, что интервал снеговой нагрузки по СП 20.13330.2016 будет:

$$\left[\frac{1,26}{1,4};\frac{2,52}{1,4}\right] = [0,9;\ 1,8]\ \text{кПа}.$$

В то время как в СП 20.13330.2011 значение S_g следует принимать как превышаемый в среднем один раз в 25 лет ежегодный максимум веса снегового покрова, т.е. с обеспеченностью 0,96. Тогда интервал снеговой нагрузки с учетом коэффициента 0,7 составит:

$$[1,2 \cdot 0,7;\ 2,4 \cdot 0,7] = [0,84;\ 1,68]\ \text{кПа}.$$

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Нормативные значения снеговой нагрузки по СП 20.13330.2016 уменьшились по сравнению с нормативными значениями СП 20.13330.2011, но с учетом коэффициента 0,7 в формуле 2011 года итоговое значение снеговой нагрузки будет выше в СП 20.13330.2016.

2. Вероятностная модель снеговой нагрузки на основе распределения Гумбеля и параметров, предложенных Золиной Т.В., для IV снегового района хорошо согласуется с эмпирическими данными.

3. Построенная вероятностная модель снеговой нагрузки может быть использована в расчетах несущих элементов конструкций покрытий на надежность.

1. Золина, Т. В. Моделирование снеговой нагрузки на покрытие промышленного здания / Т. В. Золина, П. Н. Садчиков // Вестник МГСУ. – 2020. – № 8. – С. 25–33.

2. Соловьев, С. А. Моделирование случайной статической нагрузки на покрытия сооружений при неполной статистической информации / С. А. Соловьев // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2020. – Т. 16. – № 4. – С. 243–249.

3. Соловьев, С. А. Анализ вероятности отказа элементов сооружений при интервальной оценке стохастических параметров / С. А. Соловьев // Строительная механика и расчет сооружений. 2020. – № 3 (290). – С. 56–61.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ, ПОРАЖЕННОЙ ГРИБАМИ SERPULA LACRYMANS

Т.А. Поляков, Н.А. Полуэктова
Научный руководитель ***О.А. Поварова****, ст. преподаватель*
Череповецкий государственный университет
г. Череповец

Постановка проблемы. Вологодская область относится к числу регионов с самым богатым историко-культурным наследием. Под государственной охраной состоит 770 объектов, из них 254, или 1/3. – памятники деревянного зодчества [4]. Многим из них необходимы срочные реставрационные работы, в ходе которых часто возникает проблема сохранения исторического облика, исходных материалов. Многие детали подвергаются биопоражению, наиболее опасное из которых – поражение грибами Serpula lacrymans. Возникает потребность разработки более эффективных, экономичных и экологичных технологий восстановления исходных свойств пораженной древесины [3].

Анализ исследования и публикации. Оценка комбинированного воздействия ультрафиолета и СВЧ уже рассматривалась нами в ряде статей, однако детальной проработки технологии на практике не проводилось.

Целью публикации является исследование возможности и анализ целесообразности применения технологии восстановления участков конструкций, пораженных грибами вида Serpula lacrymans, путем комбинированного воздействия УФ и СВЧ-излучения.

Основные результаты исследования. Нами были произведены исследования технологии восстановления конструкций, подвергшихся биопоражению, путем их облучения комбинированным воздействием СВЧ и УФ.

Основой второй технологии стала комбинированная обработка, сочетающая в себе особенности воздействия УФ (эффект поражения клеточных структур плесневых грибов при воздействии на них излучением с длиной волны 100–320 нм, приводящий к невозможности деления клеток и, следовательно, гибели тела гриба) и нагрев материала изнутри при воздействии на него поля СВЧ, приводящий к гибели частей гриба, не доступных к обработке снаружи. Стоит отметить, что вид Serpula lacrymans не способен выдерживать температуры выше 40–45 ºС, а температура при обработке СВЧ достигает 70 ºС.

Нами было решено исследовать эффективность технологии на практике путем восстановления участков деревянного пола, пораженных Serpula lacrymans. Исследования проводились в деревянном доме со 150-летней историей, выполненном из сосны. В критерии оценки эффективности воздействия были включены: оценка прочностных свойств образца восстановленного материала на сжатие и вторичное появление поражений на поверхности обработанных участков [2].

Технологическая схема метода состоит из следующих этапов:

1. УФ обработка поверхности производилась путем облучения поверхности ртутной газоразрядной лампой с колбой из кварцевого стекла, с длиной волны 100–320 нм, при расстоянии до поверхности древесины 10 см в течение 30 минут. Затем проводилось механическое отделение отмершего тела гриба с поверхности.

2. СВЧ обработка образцов проводилась на разработанном нами приборе, представляющем из себя магнетрон с фокусирующим поле экраном. Воздействие происходило до достижения нормативной влажности древесины по ГОСТ 8242-88, равной 12±3 %, в течение 15 минут, с перерывами для охлаждения материала через каждые 5 минут.

После восстановления участков нами были проведен отбор проб, испытания на прочность [1] и осмотр на наличие повторных органических поражений через 7 и 14 суток. Результаты исследований образцов представлены в таблице.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов на сжатие, а также повторное появление поражений

Название образца	Прочность на сжатие вдоль волокон, МПа	Наличие органических поражений через 7 суток	Наличие органических поражений через 14 суток	Плотность, кг/м^3
Сосна без поражений	31	-	-	573,3
Участок пола	16,2	-	-	418,3
Участок сруба	15,1	-	+	524,3

Итоги исследования. Подводя итоги исследования, хотелось бы отметить огромный потенциал предложенной методики восстановления древесины. Помимо уничтожения биопоражения нам также удалось достичь улучшения прочностных свойств пораженного материала. Анализируя результаты, можно отметить повышение прочности проб 150-летней сосны до 50 % от значений, полученных на новом материале. Этот эффект можно объяснить тем, что образцы под воздействием СВЧ высыхали, структура упрочнялась благодаря гибели внутренних поражений. Стоит отметить положительный эффект УФ-методики. Участки пола, прошедшие восстановление, не подверглись повторному поражению, а участок сруба получил повторное поражение лишь в местах, подвергшихся сильнейшему воздействию Serpula в течение долгого времени. Предлагается проведение повторной обработки для исключения подобных процессов.

Результаты испытаний говорят сами за себя – нам удалось доказать эффективность применения разработанной технологии борьбы с поражением древесины грибками вида Serpula lacrymans.

Области применения. Данная технология может найти применение в реставрационных работах, а также реконструкции деревянных зданий для восстановления элементов, полная замена которых невозможна.

Вывод. В ходе исследования нам удалось на практике испытать разработанную ранее технологию. Применение таких методов позволяет проводить восстановление памятников деревянного зодчества с максимальным сохранением исторического облика. Планируется дальнейшая доработка технологии, с учетом дополнительной химической обработки.

1. ГОСТ 16483.0-89. (СТ СЭВ 6470-88) Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям : Введен 1989-07-19. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

2. Международные стандарты по фитосанитарным мерам мсфм № 15 [Номер регистрации: 3389/ISPM Дата регистрации: 30.04.2008].

3. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 (с Изменениями N 1, 2) : введен 2017-08-28. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

4. Кашина, Л. И. Деревянное зодчество: проблемы, реставрация, исследования / Методическое сопровождение мониторинга недвижимых памятников Вологодской области. – Вологда, 2005. – 80 с.

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Ромицына
Научный руководитель ***Н.В. Михалевич****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Вологодская область является одной из крупнейших областей Российской Федерации, её территория – 144 527 км² или почти 1 % территории России. Область разделена на 26 административных районов, 4 города областного значения. Наиболее крупные из них – Вологда (320 702 чел.), Череповец (314 834 чел.), Великий Устюг (37 793 чел.) и Сокол (36 433 чел.). В соответствии с данными, полученными с сайтов и проектных деклараций застройщиков, составлено развитие жилого фонда Вологодской области. Основной объем текущего жилищного строительства застройщиками приходится на многоквартирные дома. В таких домах находится 99,9 % строящихся жилых единиц.

По результатам анализа информации на территории Вологодской области была проанализирована динамика развития за 2017–2020 г. Анализ изменения совокупного объема (тыс. м^2) строительства в области представлен на рисунке 1.

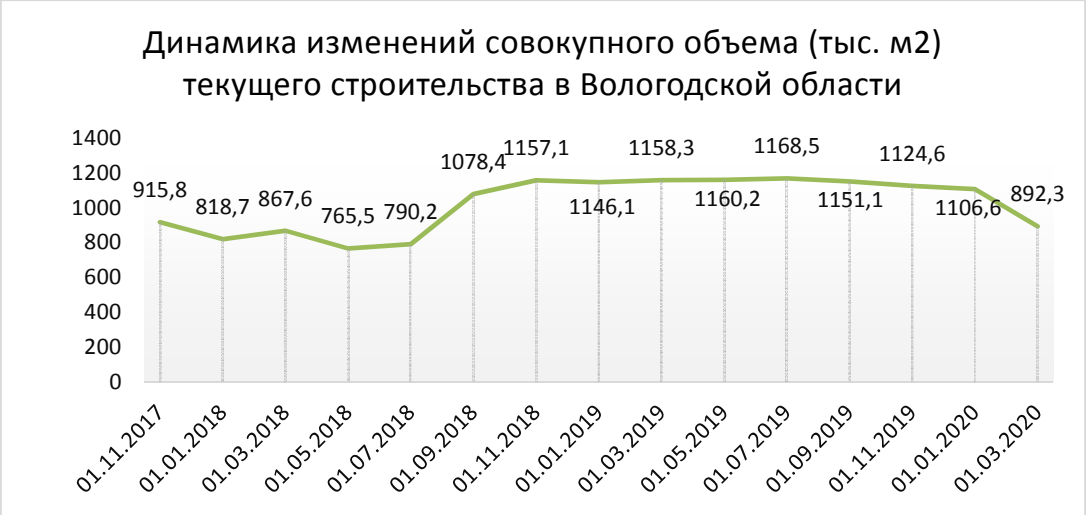


Рис. 1. График динамики изменений совокупного объема

На основании диаграммы можно сделать вывод, что с октября 2017 г. по февраль 2018 г. произошел спад объема строительства, с июля 2018 по октябрь 2018 объем вырос, в период с октября 2018 г. по декабрь 2019 г. значение объема строительства было примерно постоянным, а под конец 2019 г. объем строительства существенно снизился, главной причиной которого является пандемия. В связи с пандемией были перенесены сроки ввода объектов в эксплуатацию, которые приведены на рисунке 2.

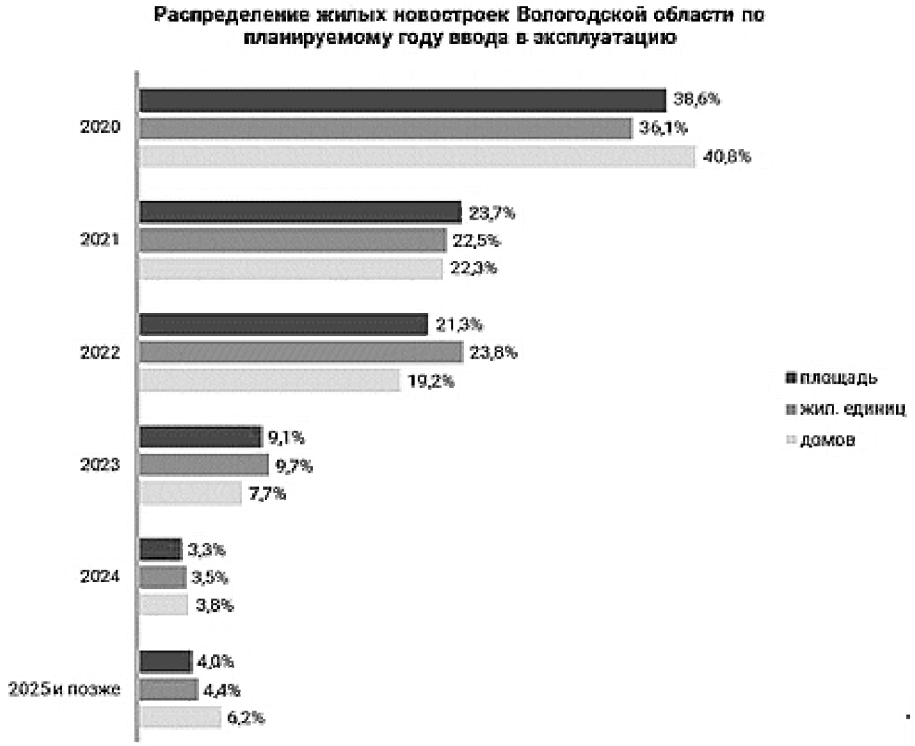


Рис. 2. Гистограмма распределения жилых новостроек по планируемому году ввода в эксплуатацию

В связи с экономической и биологической проблемами запланированные сроки сдачи перенесены с 2019 на 2020 год (101 578 м²), что составляет 31,2 % от общего объема планируемого ввода объектов в эксплуатацию в Вологодской области в 2020 году.

Анализ проектных деклараций показывает следующую структуру строящихся застройщиками домов в разрезе их этажности (табл.).

Таблица

Структура строящихся застройщиками домов в разрезе их этажности

Этажей	Строящихся домов		Жилых единиц		Совокупная S жилых единиц	
	ед.	%	ед.	%	ед.	%
1–3	8	6,2	248	1,4	13 254	1,6
4–8	18	13,8	1 153	6,7	70 895	8,4
9–12	46	35,4	6 286	36,7	314 319	37,3
13–17	57	43,8	9 306	54,4	437 330	51,8
18–24	1	0,8	114	0,7	7 920	0,9
Общий итог	130	100	17 107	100	843 618	100

Наибольшая доля жилищного строительства приходится на дома высотой 13–17 этажей – 51,8 % от всей площади строящегося жилья. Объекты высотного строительства (25 и более этажей) в Вологодской области не выявлены, что является типичным для региона.

Анализ проектных деклараций показывает следующую структуру строящихся застройщиками домов в разрезе материалов стен (рис. 3).

Рис. 3. Гистограмма распределения домов по материалам стен

Наиболее распространенным материалом стен строящихся домов в Вологодской области является кирпич. Из него возводится 69,2 % от всей площади жилищного строительства.

Анализ оборудования жилищного фонда в Вологодской области на конец года в процентах представлен на рисунке 4.

Рис. 4. График оборудования жилищного фонда за 2017–2019 гг.

Оборудование жилищного фонда области увеличилось к 2019 г. по всем параметрам. Но в 2019 г. около 33 % не оборудовано водопроводом, 38 % – водоотведением, 32 % – отоплением, 43,3 % – горячим водоснабжением, 41 % – ваннами, 27 % – газом, 90,8 % – электроплитами.

Выводы по работе:

1. В процессе планирования строительства могут возникать условия, значительно влияющие на ведение работ, которые невозможно предусмотреть.

2. При проектировании жилых зданий для городов Вологодской области предпочтение отдается 9–17 этажной застройке, что является наиболее экономичным решением как при строительстве, так и при эксплуатации, и может быть рекомендовано и для заказчиков, и для проектных организаций.

3. В связи с повышением этажности застройки происходит и увеличение использования электроплит, что соответствует нормативным требованиям строительства.

1. Строительство жилья/ ЕРЗ Аналитический разбор по Вологодская области / ООО Институт развития строительной отрасли. – Москва, 2020 – с. 77.

2. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Вологодской области. – URL: https://vologdastat.gks.ru/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

3. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. – URL: https://rosreestr.gov.ru/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

УТОЧНЕННЫЙ Р-БЛОК НА ОСНОВЕ НЕРАВЕНСТВА ЧЕБЫШЁВА ДЛЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.А. Соловьева
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Вероятностный анализ надежности несущих элементов строительных конструкций является эффективным инструментом для оценки их механической безопасности в соответствии с требованиями Федерального Закона РФ №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Одним из главных затруднений в задачах анализа надежности является получение достаточной статистической информации для применения известных методов вероятностного анализа данных.

Как отмечается в [1], во многих практических приложениях теории надежности строительных конструкций экспериментальные выборки для определения вероятностных распределений не всегда полные. Как следствие, мы должны сделать некоторые подходящие предположения для вероятностных распределений случайных величин. Использование функций распределения на основе неравенства П. Л. Чебышёва позволяет исключить проблему предположения некоторого вероятностного распределения, а построить граничные функции распределения только на основе значений математического ожидания и среднеквадратического отклонения. Область вероятностей, находящаяся внутри граничных функций распределения, называется p-блок (p-box, probability box).

В исследовании [2] приведены аналитические выражения граничных функций распределения: нижней $\underline{F}_X(x)$ и верхней $\overline{F}_X(x)$, формирующих p-блок, построенных на основе неравенства Чебышёва:

$$\underline{F}_X(x)=\begin{cases} 0, & \textit{если } x < m_X + S_X \\ 1-\dfrac{S_X^2}{(x-m_X)^2}, & \textit{если } x \geq m_X + S_X \end{cases}, \quad (1)$$

$$\overline{F}_X(x)=\begin{cases} \dfrac{S_X^2}{(x-m_X)^2}, & \textit{если } x < m_X - S_X \\ 1, & \textit{если } x \geq m_X - S_X \end{cases}, \quad (2)$$

где m_X – математическое ожидание случайной величины X; S_X – среднеквадратическое отклонение случайной величины X.

В исследовании [3] содержится вариант комбинации функций распределения на основе неравенства Чебышёва и функций доверия и правдоподобия в соответствии с теорией свидетельств Демпстера–Шефера.

Согласно [4] на основе выражений (1), (2) можно получить более узкий (информативный) р-блок, если ввести границы изменчивости случайной величины в виде нижнего и верхнего значений $x \in \left\lfloor \underline{x},\ \bar{x} \right\rfloor$. Граничные функции распределения примут вид:

$$\bar{F}_X(x) = \begin{cases} 0, \ \textit{если}\ x \le m_X + S_X^2/\left(m_X - \bar{x}\right) \\ 1 - \left[b(1+a) - c - b^2\right]/a, \ \textit{если}\ m_X + S_X^2/\left(m_X - \bar{x}\right) < x < m_X + S_X^2/\left(m_X - \underline{x}\right) \\ 1/\left[1 + S_X^2/(x - m_X)^2\right], \ \textit{если}\ m_X + S_X^2/\left(m_X - \underline{x}\right) < x < \bar{x} \\ 1, \ \textit{если}\ x \ge \bar{x} \end{cases}, \quad (3)$$

$$\underline{F}_X(x) = \begin{cases} 0, \ \textit{если}\ x \le \underline{x} \\ 1/\left[1 + (x - m_X)^2 / S_X^2\right], \ \textit{если}\ \underline{x} < x < m_X + S_X^2/\left(m_X - \bar{x}\right) \\ 1 - \left(b^2 - ab + c\right)/(1-a), \ \textit{если}\ m_X + S_X^2/\left(m_X - \bar{x}\right) < x < m_X + S_X^2/\left(m_X - \underline{x}\right) \\ 1, \ \textit{если}\ x \ge m_X + S_X^2/\left(m_X - \underline{x}\right) \end{cases}, \quad (4)$$

где $x \in \left\lfloor \underline{x},\ \bar{x} \right\rfloor$; параметры функций (3)–(4) вычисляются следующим образом: $a = \left(x - \underline{x}\right)/\left(\bar{x} - \underline{x}\right)$, $b = \left(m_X - \underline{x}\right)/\left(\bar{x} - \underline{x}\right)$ и $c = S_X^2/\left(\bar{x} - \underline{x}\right)^2$.

Однако в большинстве практических задач по анализу надежности элементов строительных конструкций невозможно представить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение в дискретном виде. Замена их на точечные оценки среднего арифметического и выборочного стандартного отклонения может привести к неверным результатам при анализе надежности. С точки зрения математической статистики, наиболее объективной оценкой математического ожидания и среднеквадратического отклонения являются доверительные интервалы их значений – $m_X \in [\underline{m}_X;\ \bar{m}_X]$ и $S_X \in [\underline{S}_X;\ \bar{S}_X]$ соответственно.

Рассмотрим пример. Пусть по результатам испытаний контрольных образцов бетона на прочность при сжатии были получены следующие статистические оценки: математическое ожидание $m_X \in [20;\ 24]$ МПа; стандартное отклонение $S_X \in [1.5;\ 3.0]$ МПа. На рисунке 1 представлены возможные варианты распределений в соответствии с граничными функциями (3), (4).

В задачах анализа надежности несущих строительных конструкций большую значимость имеют «хвосты» вероятностных распределений. Рассмотрим более подробно распределение вероятностей на «хвостах» всех возможных распределений прочности бетона (рис. 2).

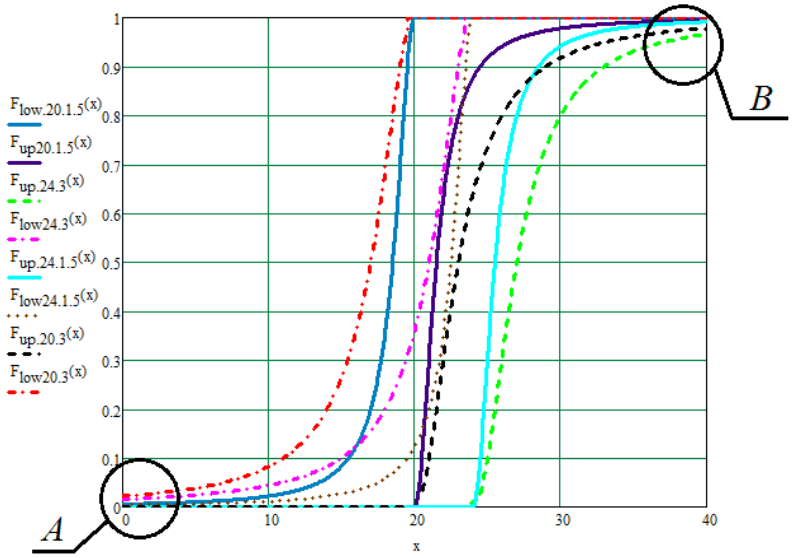


Рис. 1. Возможные варианты граничных функций распределения прочности бетона по примеру

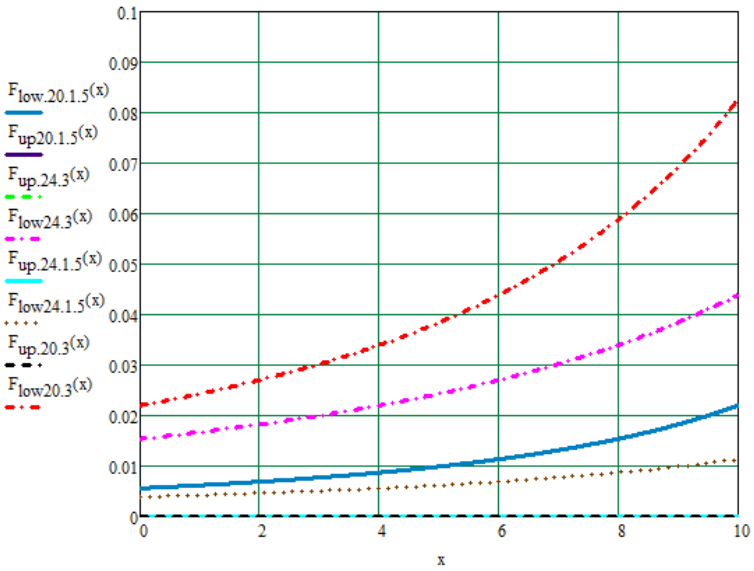
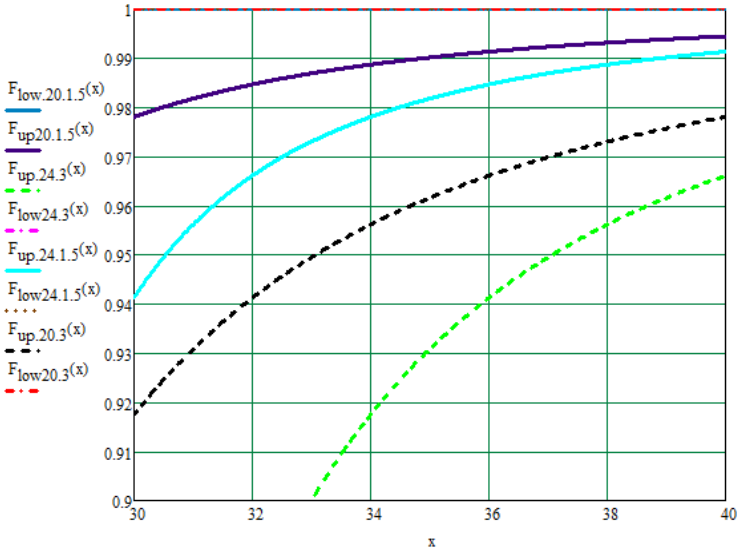


Рис. 2. «Хвосты» возможных распределений прочности бетона по примеру



Как видно из рисунков 1 и 2, наиболее осторожные варианты граничных функций распределения получены по следующим вариантам параметров: $\overline{F}_X(\overline{m}_X,\ \overline{S}_X,\ x)$ и $\underline{F}_X(\underline{m}_X,\ \overline{S}_X,\ x)$.

Следовательно, их следует использовать для описания случайных величин при неполной статистической информации – когда нет данных о форме вероятностного распределения и параметры распределения представляют собой интервальные значения.

Выводы:

1. Приведены два варианта граничных функций распределения вероятностей случайной величины при известных математическом ожидании и стандартном отклонении, но неизвестном виде вероятностного распределения случайной величины.

2. Проведен анализ возможных граничных функций распределения вероятностей на основе неравенства Чебышёва с учетом интервальной оценки математического ожидания и стандартного отклонения.

3. Предложен уточненный вариант p-блока для анализа надежности элементов строительных конструкций, позволяющий более осторожно смоделировать случайную величину без лишних статистических гипотез о форме распределения.

1. Chen, N. Uncertainty analysis of a structural–acoustic problem using imprecise probabilities based on p-box representations. / N. Chen, D. Yu, B. Xia M. Beer // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2016. – Vol. 80. – P. 45–57.

2. Mallows, C. L. Generalizations of Tchebycheff's inequalities / C.L. Mallows // Journal of the Royal Statistical Society. Series B. – 1956. – Vol. 18. – P. 139–176.

3. Соловьев, С. А. Вероятностная оценка промышленной безопасности при неполной статистической информации / С. А. Соловьев // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 9. – С. 88–93.

4. Zhang, H. Structural reliability analysis on the basis of small samples: an interval quasi-Monte Carlo method. / H. Zhang, H. Dai , M. Beer, W. Wang // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2013. – Vol. 37 (1-2). – P. 137–151.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.В. Уткова
Научный руководитель ***С.А. Соловьев****, канд. техн. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Цель исследования – анализ возможности использования биоразлагаемых материалов в строительстве

Задачи:

1. Провести сравнительный анализ физико-механических характеристик биоматериалов с существующими строительными материалами.
2. Выделить направления развития использования биоразлагаемых материалов в строительстве [1–5].

Одним из таких натуральных материалов является *грибковый мицелий.*

Ученые обратили внимание на способность мицелия образовывать хорошо разветвленную, подземную структуру и расти в разлагающейся растительной среде.

Для выращивания нового строительного материала подходят только быстрорастущие виды грибов. Например, архитектор Дэвид Бенджамин создал необычную башню в Нью-Йорке в 2014 году, на возведение которой использовалось 10000 грибных кирпичей трех видов.

Каждый из этих видов кирпичей выращивался с соблюдением определенной температуры и влажности в отдельной форме, куда помещались сельскохозяйственные отходы и сеялись грибные споры [1]. Уже через пять дней получились очень легкие, устойчивые к плесени и огню кирпичи. Таким образом, строительный материал получается экологически чистым способом в короткий срок. Кроме того, по истечении его срока службы здание из мицелиевых кирпичей можно отправить в компост, не навредив при этом окружающей среде.

Конечно, «живые» кирпичи имеют совершенно иные свойства и качественные характеристики, чем традиционные: они не такие сильные и имеют меньший возможный срок эксплуатации.

К примеру, сравним его с таким распространенным строительным материалом, как арболитовые блоки. Данный материал начали использовать в строительстве индивидуальных жилых зданий относительно недавно, но он уже имеет ряд преимуществ по сравнению с классическими видами бетона. Одной из самых главных характеристик материала такого рода является его прочность на сжатие, и в зависимости от показателей материалу присваивают определенный класс. Если речь идет об арболите В0,35, то это означает, что данный материал должен выдерживать давление на сжатие 0,35 МПа в 95 %

случаев из 100. В исследовательской работе был произведен сравнительный анализ существующих строительных материалов и кирпича из мицелия, а также была представлена таблица с его разновидностями.

В отличие от арболита, грибной кирпич может выдержать нагрузку только 0,2 МПа, что на порядок ниже. Однако его главным достоинством является плотность. Масса 1 $м^3$ грибного кирпича всего лишь 43 килограмма, тогда как один куб арболита весит около 400 кг. А значит, что несмотря на отсутствие у грибного кирпича высоких показателей прочности на сжатие, низкая плотность и вес делают его полезным в тех областях строительства, где выдерживать большие нагрузки не требуется. Одновременно с этим низкая плотность материала придает ему хорошие показатели по теплопроводности.

Исходя из вышесказанного, применение данного материала возможно в малоэтажном индивидуальном строительстве.

Ко всему прочему, грибные кирпичи демонстрируют отличную износостойкость. Перед тем, как построить из них 12-метровую конструкцию, команда архитекторов решила ее изучить. Для этого они использовали специальный аппарат, имитирующий ускоренный процесс воздействия ветра, дождя и осадков. Положив грибные кирпичи в устройство, они подвергли их эквиваленту 3-х летнего испытания, а после увидели, что «живой» стройматериал не потерял свои физические и визуальные характеристики.

Разработчики заявляют, что применение биокирпичей возможно в различных климатических зонах, в том числе и в суровом климате. Срок службы кирпича из мицелия порядка 20-ти лет.

Новинка пока не поступила в открытую продажу, так как биокирпичам еще предстоит пройти процедуру сертификации.

Помимо выращивания биокирпичей, разработчики предлагают мицелий использовать в производстве панелей, по принципу ДСП, но деревянную щепу связывали бы грибные волокна, а не токсичный полимерный клей. Этот проект «MycoWorks» уже был одобрен, однако еще находится на стадии запуска.

Мицелиевые композиты обладают настраиваемыми свойствами материала, основанными на их составе и процессе производства, и могут заменить пенопласт, древесину и пластмассы для таких применений, как изоляция, дверные сердечники, панели, полы. Благодаря своей низкой теплопроводности, высокому звукопоглощению и противопожарным свойствам, превосходящим традиционные строительные материалы, такие как синтетические пены и инженерные породы древесины, они особенно перспективны в качестве тепло-и звукоизоляционных пен.

Вывод: концепция выращивания «грибного» строительного блока является экологически безопасной и выгодной в строительстве малоэтажных зданий, поскольку для его производства используются доступные отходы органического происхождения. Кроме того, технология не потребляет энергию, а также

способствует очистке окружающей среды. При прочих равных этот материал имеет низкую плотность, а следовательно, низкую теплопроводность, хорошую огнеупорность и, что не мало важно при своей прочности, малый вес.

Материал из песка пустыни – Finite [2]

Недавно был разработан студентами колледжа Лондона Finite – композитный материал, сопоставимый с бетоном, в котором используется крупный песок пустыни. Это делает его биоразлагаемым материалом, в отличие от бетона. Органические связующие вещества Finite позволяют не только разлагать его, но и собирать и повторно использовать для нескольких жизненных циклов, снижая расход материала.

Детальная рецептура чудо-состава пока не объявляется – ученые поясняют это незавершенностью исследовательского процесса и необходимостью дополнительных тестов.

Строительные блоки из морской соли [3]

Изобретение Эрика Джоберса основано на процессе извлечения соли из морской воды с использованием энергии солнца. Из смеси соли с крахмалом получают блоки, которые похожи на кирпичи. В результате полученные блоки отличающихся от саманных кирпичей своей прочностью на сжатие. Соляно-крахмальная смесь подходит для сооружения арочных конструкций зданий, находящихся в пустынных зонах, например в странах Персидского залива. Самым большим минусом можно считать тот факт, что солевой блок боится увеличения влажности более чем на 50 %. Поэтому для большей надежности поверхность соляных блоков покрывается материалом, в основу которого заложена эпоксидная смола. Что дает 100 %-ю гарантию защиты их от пагубного воздействия влаги.

Архитектор разработал проект строительства небольшого **города в Катаре** с применением соляных блоков. В регионе существует дефицит строительных материалов – в пустыне нет ни дерева, ни глины, кроме того, существуют проблемы с водой. Материал для соляных кирпичей планируется добывать из вод Персидского залива.

Выращивание цементной плитки

В качестве основы для создания кирпичей в компании Biomason [4] используют песок как самый распространенный на Земле и дешевый материал. Затем разводится жидкий цементирующий раствор, в котором содержатся бактерии. Средой для формирования кристаллов является азот, питательные вещества, кальций. Таким раствором поливается слой песка в форме в течение пяти дней до тех пор, пока не образуется твердый материал. Как только питательные вещества и вода заканчиваются, бактерии погибают. Оставшийся раствор затем полностью перерабатывается в замкнутой системе для последующего использования, что позволяет сохранить водные ресурсы, а побочные продукты жизнедеятельности бактерий можно использовать в качестве удобрения.

Окна из дерева

Большая часть электроэнергии, вырабатываемой в мире, используется в строительном секторе, в частности в качестве источника света. Исследования заняли несколько лет. Ученым пришлось доказать, что прозрачная древесина [5] по своим теплоизоляционным характеристикам превосходит стекло. Исследователи удалили из древесины лигнин – компонент клеточных стенок, поглощающий свет. Затем дерево пропитали специальным полимером, который аккумулирует тепло. В результате ученые получили прозрачную древесину, способную пропускать солнечный свет. Днем она будет поглощать тепло и охлаждать помещение. Ночью полимер, входящий в состав дерева, начнет затвердевать и отдавать накопленную за день энергию.

Прозрачная древесина, привлекла внимание благодаря высокому коэффициенту пропускания света, отличной вязкости, выдающемуся модулю упругости и механической прочности. Несмотря на обнадеживающие достижения в области материалов прозрачной древесины, их широкое применение все еще ограничено внутренней воспламеняемостью. Но, как и ожидалось, в работе композит прозрачной древесины и полиимида сохраняет хорошие самозатухающие свойства после выхода из источника пожара в течение 2 с. Кроме того, композит обладает повышенной механической прочностью 169 МПа, что в 42 раза выше, чем у натуральной древесины. Эта работа выдвинула вперед эффективный подход к изготовлению композита прозрачной древесины и полиимида и имеет большие перспективы в качестве цветного биоразлагаемого стекла для будущих зданий.

В ходе научно исследовательской работы были выявлены новые виды перспективных биоразлагаемых материалов, а также произведен анализ физико-механических свойств. Многие примеры строительных материалов находятся в стадии разработки и испытаний. В настоящий момент собранная и представленная информация позволяет постепенно интегрировать технологию блоков из грибного мицелия в малоэтажное строительство.

1. Mechanical, physical and chemical characterisation ofmycelium-based composites with different types oflignocellulosic substrates / E. Elsacker, S. Vandelook, J. Brancart, E. Peetersb , L. De Laet // Architectural Engineering Research Group, Department of Architectural Engineering, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium – Electronic text data (1 file 4,58 MB).- CC-BY 4.0 International license: March 7, 2019. – 1 electron. opt. drive (URL - https://away.vk.com/away.php**).**

2. Finite: a more sustainable alternative to concrete made from desert sand – Electronic text - Material District, 26 March 2018. – 1 electron. opt. drive (URL-https://materialdistrict.com/article/finite-concrete-desert-sand/).

3. Dutch architect envisions self-sufficient desert cities constructed from salt – Electronic text – T. Laylin, 09 May 2015. – 1 electron. opt. drive (URL-

https://inhabitat.com/dutch-architect-envisions-self-sufficient-desert-cities-constructed-from-salt/).

4. Introduction to bioLITH Tile – Electronic text – bioMASON**. –** 1 electron. opt. drive (URL- https://www.biomason.com/).

5. A flame-retardant and transparent wood/polyimide composite with excellent mechanical strength / L. Chen, Z. Xu, F. Wang, G. Zhang, H. Yang, J. Liu, Sh. Jiang, – Electronic text - Composites Communications, Volume 20, August 2020, 100355. – 1 electron. opt. drive (URL- https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452213920300772).

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ФУНДАМЕНТА ДЛЯ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ Г. МУРМАНСКА

И.В. Швецова

Научный руководитель ***Н.В. Михалевич****, канд. техн. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В данной работе анализируются геологические условия г. Мурманска, расположенного на Балтийском кристаллическом щите, который подвергался постоянному изменению в связи с поднятием и опусканием рельефа при экзогенных процессах. Слабые глинистые водонасыщенные грунты характерны для территории города и толщина их может достигать 20–30 м [1].

Территория Мурманска расположена на четырех террасах, находящихся на восточном берегу Кольского залива. Если рассматривать наивысшую и самую низкую точки города, то самая высокая точка располагается на окраине и ее высота составляет 305,9 метров и носит название безымянная сопка, а самая низкая точка – это сам берег Кольского залива, его высота совпадает с уровнем моря.

Анализ геологических условий Мурманска проводился с целью выявления особенностей строения рельефа и возможности составления геологического разреза, необходимого для выполнения совместного расчета основания и здания. Была произведена выборка колонок грунтов, типичных для данной местности. Таким образом, мы пришли к решению, что геологический разрез будет представлен следующим составом грунтов: ИГЭ 1 – пески и суглинки, с включением примесей, ИГЭ 2 – супеси с прослоями суглинка (тугопластичные), ИГЭ 3 – суглинки легкие пылеватые, ИГЭ 4 – суглинки тяжелые пылеватые. Данный анализ грунтов необходим, так как особо важно проводить расчет с учетом их взаимодействия с надземной частью.

Цель нашего расчета – определить осадки основания, возникающие при уплотнении грунта от действия внешних сил. В SCAD задается билинейная модель грунта – модель, которая представляет собой слой, опирающийся на более жесткий слой. Следовательно, в SCAD мы можем решить только линейную задачу, а учесть неупругие деформации бетона и арматуры, наличие трещин или оценить сходимость основания и здания мы можем с помощью итерационных процессов, производимых в КРОСС.

Благодаря совершенствованию решений, принимаемых на стадии проектирования, снижается стоимость строительства от от 15 до 50 %, и среди этих решений может быть:

1. Проведения расчета, учитывающего совместную работу грунта и надземной части, приводящее к результатам, наиболее приближенным к действительности.

2. Выбор альтернативного варианта представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Альтернативные варианты принятия технических решений

Таким образом, актуальность данной работы заключается в исследовании инженерно-геологических условий, характерных для г. Мурманска и Балтийского щита, на котором он непосредственно расположен и применение этой информации при проведении расчета фундамента многоэтажного здания. Расчет будет корректным, если будет учитываться совместная работа основания и надземной части здания, именно поэтому геологической части уделяется такое большое внимание. Данный расчет поможет определить чистые осадки здания, а также оценить сходимость модели основания и здания.

Объектом исследования является 10-этажный дом с продольно-поперечным стеновым остовом. Размеры в осях 27,6×14,5. Степень огнестойкости здания – I, класс конструктивной пожарной опасности – С0, уровень ответственности здания – II. Снеговой район – V, ветровой район – IV. Рассчитываемый фундамент является плитным.

Плита железобетонная, выполнена из бетона класса В25, толщиной 1000 мм представлена на рисунке 2.

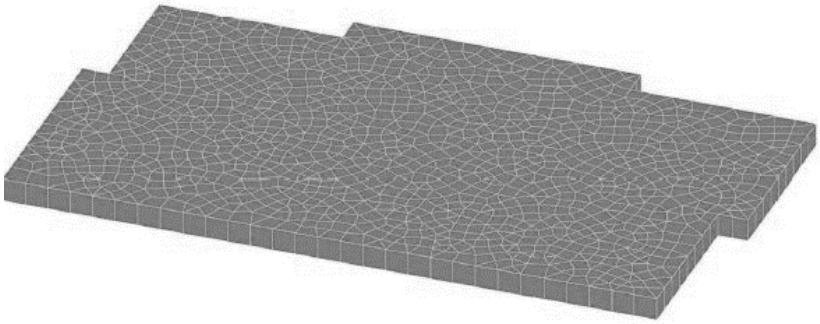


Рис. 2. Расчетная схема плиты в SCAD

Сбор нагрузок производился по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», среди нагрузок были: собственный вес несущих конструкций, полезная нагрузка, собственный вес полов, собственный вес ограждающих конструкций, ветровая нагрузка, снеговая нагрузка [2].

После задания расчетной схемы в SCAD, производилась триангуляция заданного контура и улучшалось качество производимой триангуляции. Плите необходимо было задать жесткость – бетон класса В25, а также установить связи. Связи задавались в 2 углах плиты, в 1-ом узле ограничивались перемещения по Х и У, а во 2-ом узле по Х. Также задавались нагрузки, действующие на плиту.

Заданная схема переносится в КРОСС с целью произведения итераций и определения чистой осадки. Мной были заданы грунты с соответствующими им механическими характеристиками и произведено 6 итераций, для получения более точных результатов.

В результате расчета были получены результаты, приведенные в таблице.

Таблица

Результаты расчета

Размер конечного элемента	Максимальная осадка	Средняя осадка
м	см	см
2	2,0017	1,7019
1	2,0026	1,7028
0,5	2,0035	1,7033
0,25	2,0039	1,7039
0,125	2,0046	1,7043
0,063	2,0051	1,7048

Графически полученные осадки можно увидеть на рисунке 3.

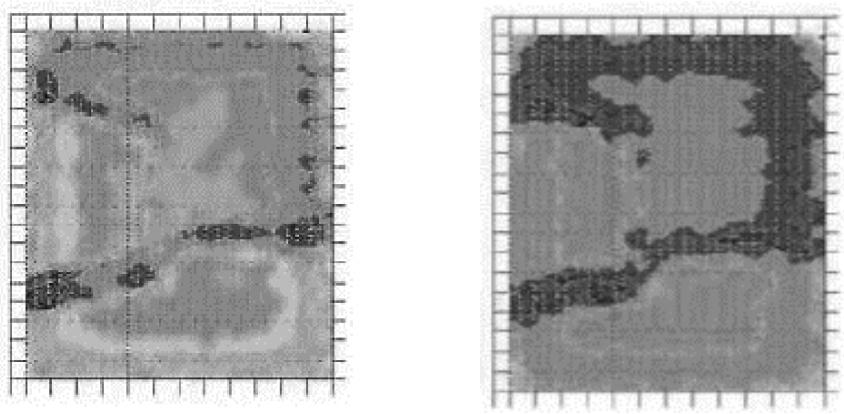


Рис. 3. Осадка фундамента при размере конечного элемента 1 м и 0,5 м

В итоге расчета необходимо проверить условие:

$$S_f \leq S_u, \quad (1)$$

где S_f – осадка основания; S_u – допускаемое значение деформации.

Суммарная нагрузка на фундамент будет состоять из нагрузки от фундамента и нагрузки от здания и будет иметь вид:

$$P = P_з + P_ф, \quad (2)$$

$$P_ф = V_{фунд} * \gamma, \quad (3)$$

где $V_{фунд}$ – объем фундаментный плиты; γ – плотность железобетона (γ = 2500 кг/м^3).

$$P_ф = 472{,}82 * 2500 = 1182050 кг = 1182 т,$$

$$P_з = 8146 т,$$

$$P = 1182 + 8146 = 9328 т.$$

Жесткость фундаментной плиты определим по формуле:

$$К_ф = \frac{E_s * \sqrt{A}}{(1-\mu^2) * m}, \quad (4)$$

где $К_ф$ – коэффициент жесткости; E_S – средний модуль деформации основания (4400т/м^2); А – площадь плиты; μ – коэффициент Пуассона для грунтов (μ=0,3); m – коэффициент площади (зависит от L/B = 1.90).

$$К_ф = \frac{4400 * \sqrt{472{,}82}}{(1-0{,}3^2) * 1{,}90} = 96746 т/м.$$

Осадка плитного фундамента определяется по формуле:

$$S_f = \frac{P}{K_ф}. \quad (5)$$

$$S_f = \frac{9328}{96746} = 0{,}096 \text{ м},$$

$$9{,}6 \text{ см} \leq 20 \text{ см}.$$

Выводы: по результатам расчета получили, что средняя осадка составляет 1,70 см, максимальная осадка – 2,00 см. В ходе ручного расчета осадки получили, что для исследуемого объекта осадка составляет 9,6 см, предельно допустимое значение составляет 20 см, поэтому условие выполняется.

Совмещение двух программ – SCAD и КРОСС – в расчете плитных фундаментов позволяет оценить работу фундамента, произвести его армирование, а также оценить предполагаемую осадку в процессе эксплуатации.

Полученные результаты расчета в программе КРОСС показали, что уточненная осадка, рассчитанная численным методом, меньше осадки, рассчитанной аналитическим методом практически на 80 %.

Достоверность данной методика оценки осадки зданий должна быть подтверждена натурными испытаниями.

1. Шашкин, А. Г. Технология устройства подземного объема под историческимзданием (на примере Каменноостровского театра) / А. Г. Шашкин // Геотехника. – 2010. – № 5. – С. 18–29.

2. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия: актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*: утв. Минстроем России 03.12.2016 № 891/пр. – Введ. 04.06.2017. – Москва : РОССТАНДАРТ ФГУП СТАНДАРТИНФОРМ Федеральный информационный фонд стандартов, 2016. – 104 с.

Секция «АРХИТЕКТУРА И СРЕДОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В «ЗЕЛЕНОЕ» СТРОИТЕЛЬСТВО

Н.С. Алексеева
Научный руководитель ***С.В. Пупенцова****, канд. экон. наук, доцент*
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург

Актуальной тенденцией последнего времени становится забота об окружающей среде [1]. По данным группы компаний «ICS», «здания и сооружения земного шара используют около 40 % от всей потребляемой первичной энергии, 67 % от всей электроэнергии, 40 % от всего сырья и 14 % от всех запасов питьевой воды, а также производят 35 % от всех выбросов углекислого газа и около 50 % от всех твердых городских отходов» [2]. В связи с этим экологические аспекты также стали актуальными в строительной сфере.

Целью работы является усовершенствование показателей оценки эффективности инвестиций в «зеленое» строительство.

Для реализации данной цели поставлены следующие задачи:

1. Исследовать российский стандарт сертификации зеленого строительства СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания».

2. Проанализировать основные показатели, с помощью которых оценивается экологичность проекта по стандарту СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011.

3. Предложить новый показатель эффективности инвестиций в «зеленое» строительство, использующий положения СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011, и затраты на проектирование и строительство здания.

В работе использовались метод наблюдения и сбора фактов, методы анализа и синтеза, а также графический метод. Объектом исследования выступают проекты «зеленого» строительства.

Помимо известных по всему миру систем сертификации строительных проектов LEED и BREEAM в России тоже существуют свои стандарты, которые могут быть использованы для сертификации объектов «зеленого» строительства. Ассоциация «Национальное объединение строителей» (НОСТРОЙ), созданная в 2009 году, имеет в составе своих стандартов СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания», разработанную для жилых и общественных зданий [3]. В указанном стандарте представлены десять базовых категорий, с помощью которых оценивается устойчивость среды обитания (рис.).

Вес каждой категории в интегральном балле, который может быть присвоен зданию, отражен на рисунке. Каждая категория представлена отдельной группой определяющих ее критериев, с которыми можно ознакомиться в тексте стандарта [3].

Рис. Десять базовых категорий, с помощью которых оценивается устойчивость среды обитания

Как видно на рисунке, наибольший вес отдан категории «Энергосбережение и энергоэффективность», на втором месте разместилась категория «Комфорт и экология внутренней среды». Наименьший вес присвоен категории «Качество санитарной защиты и утилизация отходов».

На основании приведенных данных может быть построен новый показатель оценки эффективности инвестиций в «зеленое» строительство (ECO), дополняющий известные и широко применяемые показатели текущей приведенной стоимости проекта (NPV), внутренней нормы доходности проекта (IRR), срока окупаемости (PP) и индекса прибыльности (PI) [4].

Предлагаемый показатель позволит принять взвешенное решение относительно распределения направляемых на проектирование и строительство инвестиций на решения, относящиеся к категориям, оценивающим устойчивость среды обитания. При общей минимизации затрат на проектирование и

строительство предлагается максимизировать сумму произведений доли затрат на каждую категорию, умноженную на весовой коэффициент категории, представленных на рисунке.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{10} E_i + \mathrm{E}_{et} \to min \\ ECO = \sum_{i=1}^{10} E_i \times K_i \to max \end{cases},$$

где *i* – количество категорий, с помощью которых оценивается устойчивость среды обитания,

Ei – затраты на проектирование и строительство здания, направленные на устойчивость среды обитания по определенной категории,

Eet – прочие затраты на проектирование и строительство здания, не связанные с устойчивостью среды обитания,

ECO – показатель эффективности инвестиций в «зеленое» строительство,

K – вес категории, с помощью которой оценивается устойчивость среды обитания.

Предлагаемый показатель эффективности инвестиций в «зеленое» строительство (ECO) представляет собой максимальное значение суммы произведений доли затрат на каждую категорию, умноженную на весовой коэффициент категории, полученные при минимизации всех затрат, направленных на проектирование и строительство здания. Учет представленной системы уравнений позволит получить наивысшую оценку по стандарту СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания» при имеющейся величине денежных средств на реализацию проекта строительства.

Предложенный инструментарий оценки эффективности инвестиций в «зеленое» строительство может использоваться в деятельности девелоперских и консалтинговых компаний, а также применяться инвесторами при принятии решении о финансировании строительных проектов.

Таким образом, предлагаемый показатель оценки эффективности инвестиций в «зеленое» строительство, основанный на российских стандартах сертификации проектов зеленого строительства, позволит инвесторам и девелоперам предложить на рынок более конкурентоспособные объекты в условиях более высоких требований к экологическим аспектам проектирования, строительства и эксплуатации объектов недвижимости.

1. Пупенцова, С. В. Опыт экологического планирования и управления территориями городов / С. В. Пупенцова, Н. С. Алексеева // Экономика строительства. – 2019. – № 4 (58). – С. 18–27.

2. Материалы группы компаний «ICS». – URL: https://www.icsgroup.ru/green/ecostandards/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

3. Стандарт СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания : утвержден решением Совета Национального

объединения строителей, протокол от 14 октября 2011 г. № 20. – URL: https://nostroy.ru/department/metodolog/otdel_tehniceskogo_regulir/sto/СТО%20НОСТРОЙ%202.35.4-2011.pdf. (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

4. Алексеева, Н. С. Метод имитационного моделирования Монте-Карло при инвестировании в проекты «зеленого» строительства / Н. С. Алексеева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 241–252.

ТИПОЛОГИЯ ПРИРЕЛЬСОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. КРАСНОЯРСКА

И.В. Кушнир
Научный руководитель ***С.М. Геращенко****, канд. архитектуры, профессор*
Сибирский федеральный университет
г. Красноярск

Прирельсовые территории занимают значительную площадь в структуре Красноярска и имеют ряд таких проблем, как потеря уникального архитектурного облика железнодорожной инфраструктуры, неиспользуемый коммерческий потенциал, низкая репутация территорий, прилегающих к железнодорожным вокзалам, сложная логистика перемещений внутри железнодорожных вокзалов и отсутствие логичной транспортно-пешеходной инфраструктуры вокруг строящихся железнодорожных станций.

Ряд факторов приводят к тому, что прирельсовые территории становятся зонами отчуждения и не рассматриваются в нынешней повестке градостроительного развития Красноярска, что отражено в действующем генеральном плане города до 2033 года, правилах застройки и землепользования, а также в проектах планировки и межевания территорий.

По прирельсовым территориям проводилось множество исследований, но на сегодняшний день им нет четкого определения. Дать наиболее точное определение можно только опираясь на действующие Своды правил и СанПины. Исходя из этого, прирельсовые территории – это территории, занятые железнодорожными путями, а также непосредственно примыкающие к ним элементы: санитарно-защитная зона и полоса отвода земель для объектов железнодорожного транспорта [1, 2].

В Красноярске прирельсовые территории можно условно разделить на 3 основных типа (рис.):

1) Железнодорожные вокзалы.
2) Остановочные пункты.
3) Земли железнодорожного транспорта.

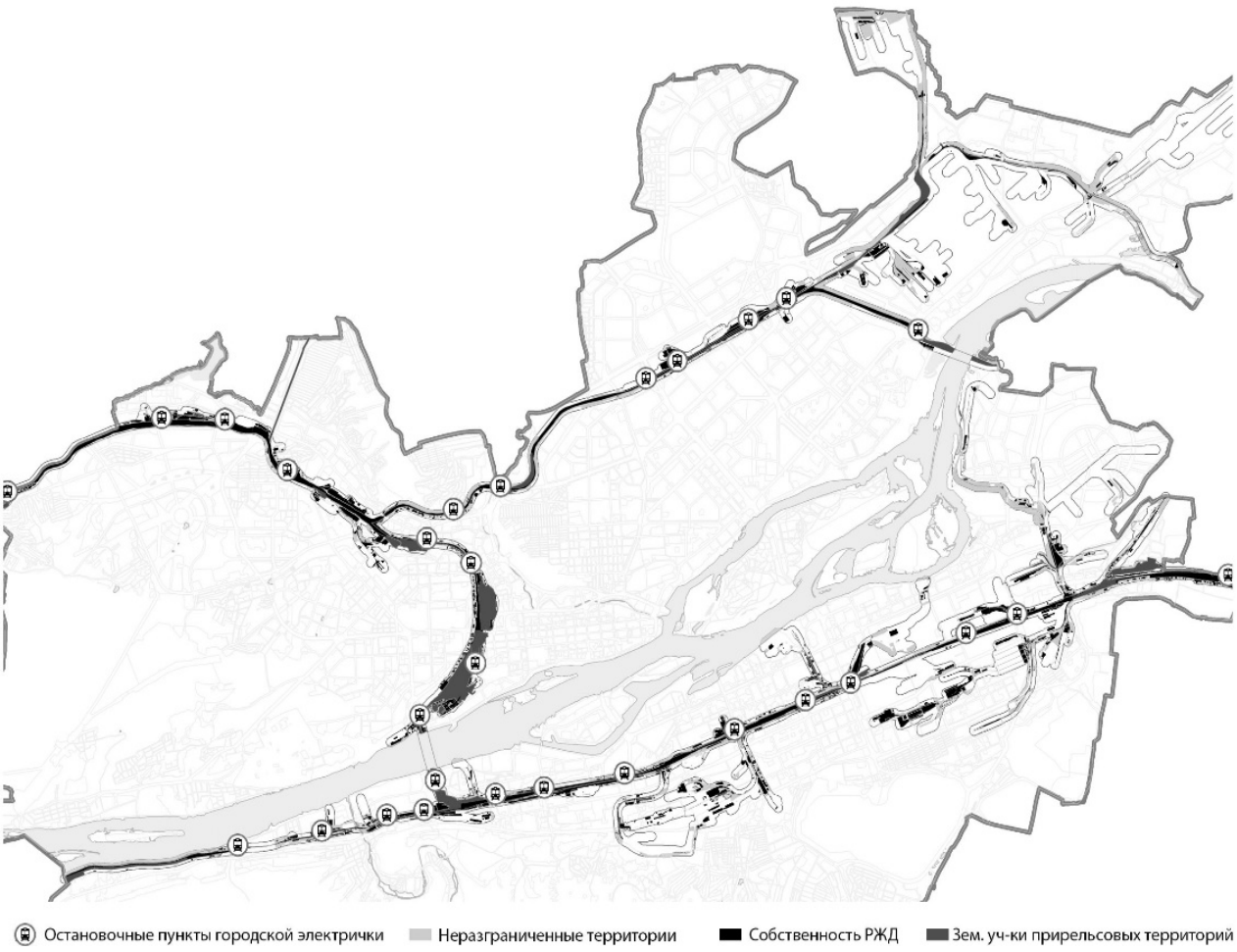


Рис. Схема прирельсовых территорий Красноярска

Стоит их рассмотреть отдельно и дать рекомендации по их дальнейшему развитию.

Железнодорожные вокзалы являются знаковыми доминантами современного Красноярска и их развитие нужно обеспечивать в совокупности с вокзальным комплексом, привокзальной площадью и перроном. На сегодняшний день в Красноярске расположено 2 железнодорожных вокзала: «Красноярск Главный» и «Злобино» [3].

Основные рекомендации:

- благоустройство привокзальных площадей;
- оптимизация пешеходных потоков внутри вокзального комплекса;
- организация приподнятых пешеходных переходов и создание безбарьерной пешеходной среды;
- развитие прилегающих территорий;
- оптимизация транспортно-логистических схем движение.

К *остановочным пунктам* относятся пассажирские и железнодорожные станции, а также транспортно-пересадочные узлы, которые в перспективе могут стать локальными центрами жилых районов. В Красноярске расположено 25 остановочных пунктов городской электрички, которые обеспечивают связь районов города непосредственно по железной дороге с помощью городской электрички.

Основные рекомендации:

- организация навесов и укрытий;
- организация комфортных благоустроенных зон ожидания и отдыха;
- создание разнообразия сервисов и создание коммерческих площадей;
- организация надземных или подземных пешеходных переходов для связи железнодорожных платформ с городской тканью.

К *землям железнодорожного транспорта* относятся санитарно-защитные зоны и полосы отвода железной дороги. Для их разграничения на протяжении железной дороги установлены границы в рамках санитарно-защитной зоны 100 метров. На сегодняшний день протяженность этих территорий составляет 55,5 км, а общая площадь 4218,2 Га, в то же время они делятся еще на прирельсовые территории в селитебных и промышленных зонах. В установленных границах можно выявить земельные участки, попадающие в санитарно-защитную зону (наиболее перспективные к освоению), неразграниченные городские территории, которые можно ввести в оборот путем образования новых земельных участков при разработке новых проектов планировки и межевания, а также территории, которые частично входят в полосу отвода железной дороги, но не входят в состав прирельсовых территорий, т.к. данные земельные участки уже полностью застроены и их дальнейшее развитие не представляется возможным в рамках действующим градостроительных регламентов.

Рекомендации по развитию даны для селитебной зоны, т.к. на сегодняшний день ряд промышленных предприятий задействует железнодорожное полотно для производственных задач, а их вынос экономически нецелесообразен:

- развитие территорий полосы отвода, проходящих через зоны жилой застройки, размещение в них функций недостающих в жилых районах;
- использование комбинированных архитектурных решений;
- благоустройство прилегающих территорий;
- обеспечение визуальной проницаемости и пешеходной застройки для повышения безопасности территорий вдоль ж/д путей;
- организация безопасных пешеходных путей;
- организация дополнительного освещения для обеспечения безопасности.

Таблица

Структура земель железнодорожного транспорта Красноярска

Наименование	Селитебные территории, Га	Промышленные территории, Га	Итого, Га
Общая площадь	1210,2	3008	4218,2 (100 %)
S неразграниченной территории	421,57	497	918,57 (22 %)
S в собственности АО «РЖД»	453	270,8	723,8 (17 %)
S земельных участков в СЗЗ	189,2	890	1079,2 (26 %)
S земельных участков, пересекающих с СЗЗ	146,43	1350,2	1496,6 (35 %)
S железнодорожных путей	50,8	47	97,8

Реализация мер по развитию прирельсовых территорий позволит повысить ценности территорий и увеличить стоимость жилой недвижимости, прилегающих к модернизированным вокзальным комплексам, создать дополнительные площади пригодные для аренды, а также сэкономит время пассажиров на передвижение внутри города за счет создания мультимодальных транспортно-пересадочных узлов и оптимизации пешеходных потоков внутри них и на прилегающей территории.

1. Канунников**,** М. Н. Многофункциональные комплексы в прирельсовых территориях современного города: на примере Москвы : специальность 18.00.02 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / Канунников Михаил Николаевич. – Москва, 2002. – 23 с.

2. Кублицкая, О. В. Архитектурная трансформация прирельсовых территорий / О. В. Кублицкая ; научный руководитель О. И. Сысоева // Материалы 72-й студенческой научно-технической конференции, 11–26 апреля 2016 г. / Белорусский национальный технический университет, Архитектурный факультет. – Минск, 2016. – С. 32–34.

3. Капралова, С. А. Формирование объемно- планировочных связей через железнодорожные пути в крупном городе (на примере станции «Злобино» в Красноярске) / Капралова, С. А., Унагаева, Н. А. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – (4) – С. 43–54.

4. Благовидова, Н. Г. Принципы Формирования Территорий, Расположенных В Зоне Влияния Мцк (Московского Центрального Кольца) / Н. Г. Благовидова // Наука, Образование и Экспериментальное Проектирование В Мархи Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов (Москва, 2-6 апреля 2018 г.). – Москва : Московский архитектурный институт (государственная академия).

5. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года (основные положения). – URL: https://old-doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5105&refererLayerId=5104&id=6396 (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ СТРАН АЗИИ

А.В. Почтовая
Научный руководитель ***Л.В. Гайкова****, канд. архитектуры, доцент*
Сибирский федеральный университет
г. Красноярск

Инвестиции в знания, технологии и идеи, организация материально-пространственной среды для исследований являются преобладающими факторами, определяющими уровень развития страны. Согласно сведениям Статистического института ЮНЕСКО мировыми лидерами по объемам инвестирования в НИОКР являются США, Китай, Япония, Германия и Республика Корея [1]. Перечисленные страны имеют материальную исследовательскую базу, на основе которой возможно проследить эволюционный процесс и выявить тенденции архитектурного формирования инновационных центров. При рассмотрении мирового опыта особенно интересным становится изучение инновационных центров стран Азии: предпосылок их формирования, особенностей развития, применяемых планировочных и пространственных приемов.

В Японии с 1950-х гг. сложились предпосылки возникновения инновационных центров, которые повлияли на формирование отличий от объектов Европы и США. Вектор развития был определен в поствоенное время и заключался в создании технополисов – городов науки. Характеристиками развития периода 1990–2000-х гг. становятся специализированность, компактность, транспортная доступность. Градостроительные приемы характеризуется экстенсивным методом освоения территории ввиду наличия зарезервированных ранее участков. Основой планировочной структуры здания становится линейная схема компоновки помещений. Открытость и гибкость внутренних и внешних пространств становятся необходимыми качествами для создания условий инновационной деятельности. В пространственную структуру включается атриум, главная особенность которого – функциональность и технологичность. При создании художественного образа сооружений архитектурные приемы являются вторичными, главным требованием становится функциональность. Тем не менее можно отметить активное применение ритма в разработке фасадов, использование монохромной цветовой гаммы. В основном применяются сейсмостойкие конструкции, металлический каркас, активно используются технологические и конструктивные решения для увеличения времени естественного освещения, создания естественного воздухообмена. Типологическая направленность объектов в рассмотренный период – *научно-исследовательский парк* [2, с. 78]. Примерами инновационных центров могут быть Kyoto Research Park, Tokatsu Techno Plaza (рис. 1а), Institute of Global Environment [3].

Современный период, начавшийся в 2000-х гг., характеризуется стремлением к социализации и популяризации науки, поддержке неформального общения между учеными и обществом. Это нашло отражение в структурной организации сооружений. Уплотнение функций в пределах зданий и комплексов повлияло на появление компактной планировочной структуры в дополнение к уже сложившейся линейной. Предпосылками появления компактной структуры становится и градостроительные особенности, так как строительство инновационных центров происходит на освоенной территории с плотной застройкой. Атриум продолжил свое развитие, становясь не только технологическим элементов структуры, но и активным центров социальной жизни, пространством вертикальной коммуникации. Для генерирования междисциплинарных взаимодействий используются не только общие рекреационные пространства, но и рабочие. Одним из основных применяемых типов инновационных центров становится научно - промышленный парк. Примерами могут служить JRC Advanced (рис.1б), Knowledge Capital, Daikin Technology and Innovation center [3].

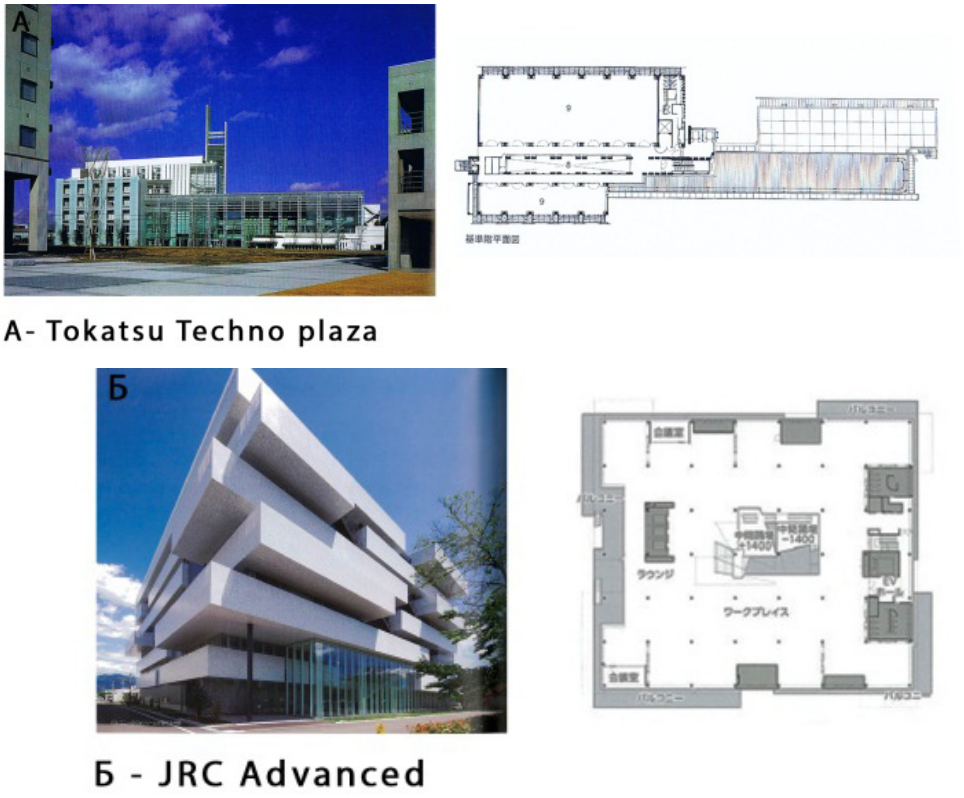


Рис. 1. Инновационные центры Японии. Общий вид, план первого этажа [3]

Следует отметить, что развитие инновационных центров Японии носит эволюционный характер, имеет национальные особенности, связанные с экономическим развитием страны и участием местных архитекторов в проектирование и строительстве.

Опыт развития инновационных центров Китая интересен тем, что изначально он был основан на заимствовании разработок у стран Европы и США

посредством привлечения иностранных архитекторов [4, с. 7]. Градостроительная особенность периода становления – строительство объектов в специализированных зонах, выделенных государством в целях развития науки. Приемами планировочного формирования стали линейная структура корпусов, периметральное расположение теоретических и экспериментальных лабораторий. Пространственные решения схожи в размещении технического атриума, компактном сочетании функций, поэтажном делении общественных и специализированных пространств. Строятся здания и комплексы различной этажности – высотные, средней и малой этажности. В качестве конструктивного материала наиболее распространен железобетон. Изучая архитектурные решения, можно отметить утилитарность, индустриальность дизайна. Объектами данного периода являются Kadoorie Biological Science Building (рис. 2а), China-Singapore Suzhou Industrial Park, Space Cube Design Lab. Включение удобного компактного доступного и открытого исследовательского пространства, активное заимствование опыта функционирующих европейских и американских инновационных центров – основные аспекты становления в Китае научно-исследовательского парка как преобладающего типа.

По мере развития с 2000-х гг. наблюдается продвижение инновационных центров за пределы выделенных зон, особое внимание уделяется взаимодействию с природными элементами. В планировочной структуре определяется большее разнообразие, помимо линейной структуры в таких объектах, как Kunshan Science and Technology Park, Chayi Technology and Innovation Center, появляется компактная – Green Energy Laborotory, Center for Sustainable Energy Technologies (рис. 2б). Преобладающее значение придают экологичным принципам строительства, что особенно прослеживается в применении энергоэффективных конструкций. В эстетическом и композиционном аспекте наиболее важными становятся архитектурная концепция, обращение к образам, национальным символам. Преобладающий тип данного периода – *инновационный центр*.

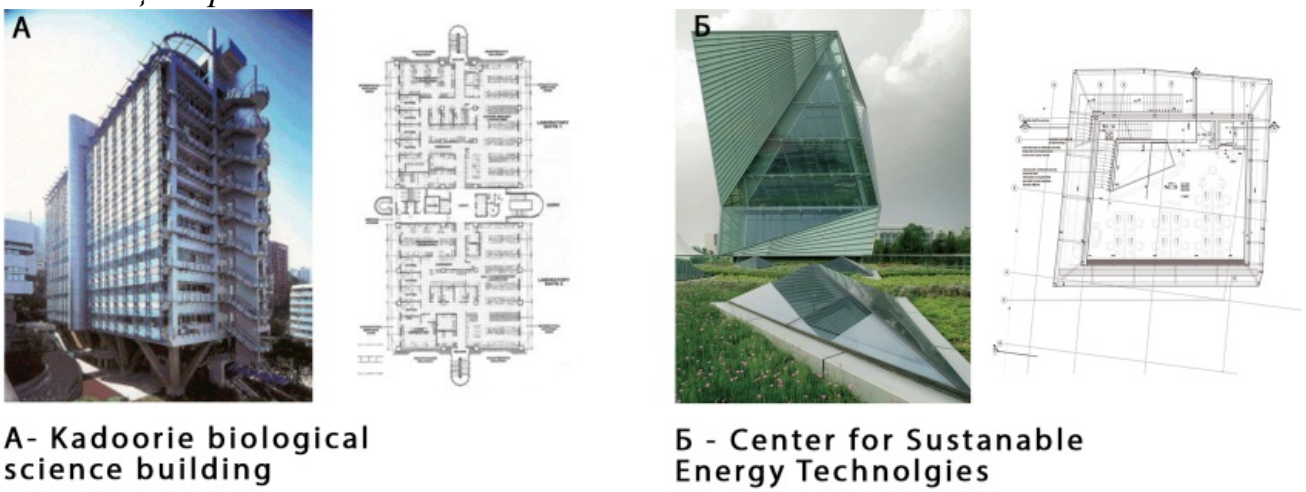


Рис. 2. Инновационные центры Китая. Общий вид, план первого этажа [4]

В настоящий период проявляется тенденция перемещения исследовательских центров иностранных компаний на территорию Китая. Они переносят не только капитал и технологии, но и привычки, культурные традиции и художественные предпочтения. Одновременное присутствие и смешение аспектов такого рода создает дополнительные сложности и ставит особые архитектурные задачи – поиск национального своеобразия и самоидентификации.

Республика Корея является одной из самых передовых стран в развитии науки на сегодняшний день. Изучение инновационных центров выявляет особенности формирования, в которых особая роль отводится взаимодействиям с университетами.

Изначально южнокорейская модернизация была построена на заимствовании и адаптации зарубежных разработок и поддержке преимущественно крупных компаний [5]. Рассмотренные приемы в период с 1980-х гг. по настоящее время характеризуются однообразностью применяемых решений. Размещение инновационных центров производится преимущественно вблизи университетских городков. В настоящее время существует тенденция выноса объектов в сельскую местность, в противовес тенденциям урбанизации. Примером такого центра является Daum Space. 1.

Изучение планировочной структуры зданий выявило базовые схемы компоновки помещений – блочную и линейную. Пространственные характеристики определяются преобладанием средней этажности, применением модульных элементов, включением технологических атриумов, рекреационных пространств на верхних этажах. Данными характеристиками обладают как примеры 1990-х гг. – технопарк Gyeongnam (рис. 3а), – так и современные объекты – Amore Pacific Research center, IT Convergence Building (рис. 3б).

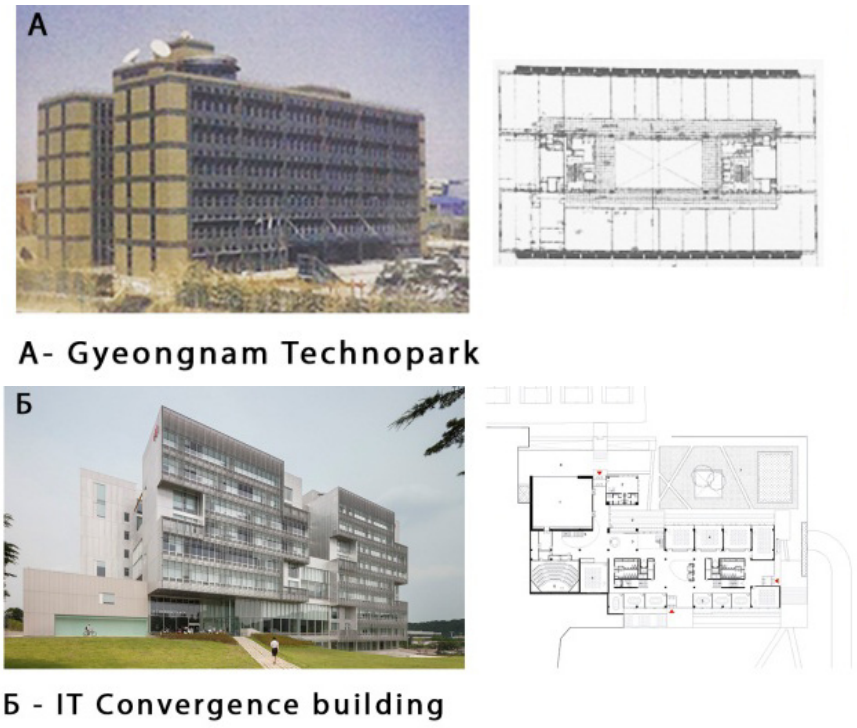


Рис. 3. Инновационные центры Республики Корея. Общий вид, план первого этажа [6]

Изученные объекты не обладают признаками эволюционности. Причина видится в директивном подходе государства к строительству инновационных центров, в стремлении решения конкретных задач. Следовательно, выбор тех или иных приемов проектирования инновационного объекта напрямую зависит от заявленных целей.

Строгий контроль государства определяет архитектурный облик инновационных центров: утилитарный дизайн, рациональность приемов проектирования, минималистичность и монументальность архитектуры – приемы, формирующие облик *научно-исследовательских* парков как наиболее используемых типов инновационных объектов.

Стремления к рациональному использованию природных ресурсов, снижению техногенной нагрузки на территории развития, применению энергоэффективных технологий в совокупности с рассмотренными выше приемами характеризуют современные инновационные центры Южной Кореи.

Страны Азии, такие как Япония, Китай и Республика Корея, являются успешными примерами развития инновационной инфраструктуры. Национальные характеристики сформировались под влиянием исторических аспектов, а также особенностей политического уклада и уровня экономического развития. Программы, направленные на создание инновационных центров, разрабатывались в каждой стране и выявляли основные направления исследований. Объекты проектировались и строились под воздействием передового мирового опыта. Процент заимствования приемов проектирования различается, но в целом во всех изученных примерах по мере развития и приближения к настоящему времени наблюдаются схожие планировочные, пространственные, композиционные решения, стремление к устойчивому строительству.

Во временном разрезе национальные особенности более очевидны, так как поиск наиболее подходящих предметных форм существования науки наблюдается в переходные периоды. Япония стремится к социализации науки и применению многофункциональных структур, Китай сосредоточен на строительстве энергоэффективных объектов, а Республика Корея развивает пространственные связи инновационных центров и университетов как базового элемента структуры.

Изучение опыта азиатских стран представляет собой особый интерес ввиду малой изученности данной темы и национальных особенностей развития, которые могут быть скомпонованы в эволюционные группы и стать основой прогнозирования развития инновационных центров других стран.

1. UNESCO Institute for Statistic. – URL: http://www.uis.unesco.org/_LAYOUTS/UNESCO/research-and-development-spending/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

2. Почтовая, А. В. Типологические аспекты архитектурного формирования зданий и комплексов инновационного назначения / А. В. Почтовая // Фундаментальные исследования. – 2016. – 11 (1). – С. 74–79.

3. Проектные альбомы компании Nikken Sekkei. Nikken Sekkei LTD,2015.

4. Дианова-Клокова, И. В. Китай. Инновационные центры: стремление к лидерству / Дианова-Клокова, И. В. // Academia. Архитектура и строительство, 2015. – С. 2, 7–17.

5. Южнокорейская модель инноваций. – URL: http://fastsalttimes.com/sections/obzor/611.html (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

6. IT Convergence Building. – URL: http://www.archdaily.com/440841/it-convergence-building-kyu-sung-woo-architects (дата обращения: 21.12.2020). – Текст : электронный.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕГЛАМЕНТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ МАЛЫХ ГОРОДОВ

А.С. Телегина
Научный руководитель ***И.В. Кукина****, канд. архитектуры, профессор*
Сибирский федеральный университет
г. Красноярск

В последнее десятилетие в Российской Федерации активно ведется работа по формированию комфортной городской среды. Одним из ключевых аспектов при ее выполнении является создание определенных документов, регламентирующих внешний облик города в целом. В Канске таким документом является Постановление № 178 «Архитектурно-художественный регламент улиц, общественных пространств города Канска». Данный документ содержит в себе свод требований к оформлению фасадов зданий, наружной рекламы, хозяйственных построек, требования к содержанию улиц. Если сравнить аналогичные документы, принятые к использованию в других городах, то следует отметить их почти полное сходство и обобщенный характер, не затрагивающий городской контекст. Например, требования к информационным блокам одинаковы как для центральной части города, так и для удаленных районов, и только для объектов культурного наследия накладываются особые регламенты с целью *«сохранения внешнего архитектурного облика сложившейся исторической застройки города»* [1]. Стоит также отметить, что кроме улиц других общественных пространств в документе не выделено, хотя в названии они указаны отдельным пунктом. Таким образом, упущен целый блок открытых общественных пространств города, и для них не установлено требований к внешнему облику и наполнения объектами и функциями. Решить данную проблему помогут регламенты, составленные в соответствии с объективным

функционированием открытых общественных пространств, потребностями городов, с учетом основополагающих законов РФ и региональных актов.

Натурное исследование состояния общественных пространств города Канска позволило выделить восемнадцать типов общественных открытых пространств в разных районах города. Основными критериями оценки были: типологические особенности пространства, значимость в структуре города, местоположение, функциональное наполнение, окружение, инженерное благоустройство на территории, история места, утраченные функции. Проведенный анализ позволил сделать следующие выводы:

- функционирование общественного пространства в большой степени предопределяют ограничивающие его общественные здания;

- самостоятельный исторический контекст присутствует только у пяти пространств. Другие функционируют как прилегающая территория к общественным зданиям, либо являются новыми;

- инженерное благоустройство отсутствует во всех пространствах. На четырех пространствах присутствуют чаши фонтанов, но ни один из них не функционирует в настоящее время.

В среде города также были определены несколько проблем современного состояния общественных пространств.

1. Уничтожение исторической функции пространства.

Рынок на улице Московская, занимающий целый квартал, размещался в данном месте с первой половины прошлого века. С течением времени он менялся, достраивались небольшие здания по периметру квартала, но центральная часть была отдана под свободную торговлю продовольственных и непродовольственных товаров. С 2019 году на месте рынка строится торговый центр. Однако уличные торговцы продолжают торговать на привычном месте, часть из них переместилась на соседнюю улицу, превратив узкий пешеходный тротуар в «рынок».

2. Глобализация общественного пространства

За время работы программы «Комфортная среда» по всему региону появилось множество похожих друг на друга пространств, с одинаковым функциональным наполнением, похожей уличной мебелью, слабой контекстуальной проработкой. В *сквере «Молодежный»*, который попал под программу формирования комфортной городской среды, появились несколько городских качелей и спортивные элементы. Создателями пространства не было проведено качественного изучения окружения будущего сквера, а именно: рядом располагается лесной бор, в котором уже есть спортивные элементы, не создано никаких условий для молодежного центра, мероприятия которого вполне могли бы проходить и в прилегающем к нему новом сквере.

На основе проведенного натурного анализа, фактологического анализа региональных и локальных актов были предложены следующие принципы для

построения регламентов благоустройства общественных пространств малых городов:

- типологический принцип позволяет четко формировать представление о территории, ее наполнении архитектурными объектами, функционировании, потенциальных пользователях;

- принцип регулирования отношений пользователей на территории. Кадастровые границы и ПЗиЗ предопределяют использование территорий. Мы можем ответить на вопросы: «Кому принадлежит эта территория?», «Какие виды использования могут быть?», «Что мы можем строить на данном месте?», – но этого недостаточно. Без четкого понимания ответов на вопросы (Что может происходить в данном месте? Кто может заниматься и какой деятельностью в данном месте? В каких правовых и поведенческих отношениях находятся пользователи?), на территории возникает хаос;

- принцип исторической преемственности территории. Данный принцип указывает, что устойчивые, длительно сохраняющие свою функцию и значение общественные пространства необходимо сохранять. Это важно и как специфическая особенность города, и как объект притяжения для жителей;

- принцип применения местных материалов. Наиболее нужный принцип для формирования средовой уникальности не только в историческом центре, но и в городе в целом. Кроме того, он позволит сформировать постоянную экономическую базу для существующих предприятий и, возможно, даже расширить их спектр производимых товаров;

- принцип двухчастности. Регламентам необходимо сочетать в себе указательную и рекомендательную основы. Это необходимо, чтобы достичь гибкости и универсальности регламентов, но в то же время сохранить наиболее важные элементы в общественных пространствах.

В формировании общественных пространств может применяться политика поощрения представителей бизнеса, граждан, всех заинтересованных лиц в совместном создании комфортных пространств города. Пониженная арендная плата или уменьшение налогов пригласят бизнес на общественные пространства, либо на прилегающие к ним территории. Это позволит поднять посещаемость территории, разнообразить ее функциональное использование, а также дать возможность жителям почувствовать свою причастность к формированию города.

Каждый малый город уникален по своей структуре, истории развития, географии. Также он уникален по наличию общественных пространств. Они похожи друг на друга по типологиям и функциям, однако требуют к себе индивидуального подхода. Поэтому чтобы сохранить и улучшить городскую среду необходимо создать архитектурно-художественные регламенты, которые позволят предметно подойти к каждому общественному пространству.

1. Об утверждении Архитектурно-художественного регламента улиц, общественных пространств города Канска : Постановление администрации города Канска Красноярского края №178. – URL: **http://kansk-adm.ru/index.php/npa/2019** (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

2. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Развитие пешеходных пространств поселений, городских округов в Российской Федерации, 2018. – URL: **https://www.mintrans.ru/documents/10/9519** (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

3. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – URL: http://docs.cntd.ru/document/456054209 (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

4. Правила землепользования и застройки города Канска № 9-36 от 26.05.2016 года. – URL: http://kansk-adm.ru/index.php/pravila-zemlepolzovaniya-i-zastrojki-goroda-kanska (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

5. Градостроительство Сибири / [В. Т. Горбачев, Н. Н. Крадин, Н. П. Крадин [и др.] ; под общ редакцией В. И. Царева] ; Российская академия архитектуры и стоительных наук, НИИТИАГ РААСН. – Санкт-Петербург : Коло, 2011. -–784 с.

6. Царёв, В. И. Канск. Градостроительная летопись (монография) / В. И. Царёв. – Красноярск : Витал, 1996. – 240 с.

ВОССОЗДАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

Д.Д. Хмелевская

Научный руководитель ***Т.В. Шумилкина****, канд. архитектуры, доцент*

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

г. Нижний Новгород

В современной теории реставрации отношение к воссозданию архитектурных памятников архитектуры весьма неоднозначное. Теоретические исследования этой проблемы ведутся уже больше столетия. При этом во всех странах мира отмечается всплеск воссоздания утраченных объектов архитектуры, имеющих особое историческое или сакральное значение в культуре страны. На сегодняшний день в России и Европе накопился значительный опыт возрождения историко-архитектурных памятников с применением реставрационного метода воссоздания (при наличии всех необходимых исторических материалов).

Не затрагивая европейский опыт, остановимся на некоторых примерах отечественного опыта воссоздания. В этой связи необходимо напомнить о

том, что ни в одной стране мира не было уничтожено столько памятников архитектуры, как в нашей в период советского времени. В борьбе с религией, преимущественно, были утрачены культовые постройки. Так стоит ли их воссоздавать?

Некоторые исследователи по этому вопросу высказываются крайне негативно, называя воссозданные сооружения «копией», «новоделом», «макетом в натуральную величину» (среди них: Де Анжелис д'Оссат, Ренато Бонелли, Марина Иосифовна Домшлак, Подъяпольский Сергей Сергеевич).

Другие теоретики допускают воссоздание памятника архитектуры. Так, по мнению Б.М. Матвеева, «….в исключительных случаях «новодел» является единственным способом предотвращения полной утраты и забвения целых пластов архитектурного наследия» [1].

В этой связи возникает вопрос: а что же происходит в реальной практике реставрации в аспекте воссоздания? Проведенное нами исследование дает основание утверждать, что это явление становится все более популярным в современной России. На основе научного анализа разработана система критериев, позволяющая аргументировать ценность утраченного здания и обоснованность его воссоздания, а также определить степень достоверности проведенного воссоздания [3].

В подтверждение теории воссоздания утраченных памятников архитектуры высказывается также исследователь мировой культуры Д.О. Швидковский. Говоря о кульминации «возрождения старой архитектуры» – возведении храма Христа Спасителя в Москве, автор отмечает: «Законченный к двухтысячелетию Рождества Христова, которому посвящался собор, он стал одним их самых ярких памятников в мире…Храм, явившись среди современной Москвы, проявил себя с еще одной неожиданной стороны. Его грандиозный силуэт оказались способными мобилизовать то, что осталось от пространства XIX столетия» [2].

Как уже отмечалось, большую часть утраченных памятников архитектуры составляют культовые здания. Именно они подверглись тотальному уничтожению в борьбе с религией в советское время. Но именно они были градостроительными и смысловыми (сакральными) доминантами городской среды всех российских городов.

Подобная ситуация складывалась и в архитектурном пространстве Нижнего Новгорода. Многочисленные храмы, украшавшие город, в советский период были утрачены. Тем приятнее наблюдать формирующуюся в последние десятилетия тенденцию к их воссозданию.

Первым примером и попыткой возрождения утраченного объекта в Нижнем Новгороде стало воссоздание Зачатьевской башни Нижегородского кремля, разрушенной оползнем в XVII в. В июне 2011 г. начались работы по воссозданию Зачатьевской башни, прилегающих участков прясел с благоустройством территории. В октябре 2011 г. проведены археологические раскопки в

районе воссоздаваемой Зачатьевской башни, в ходе которых выявлены целостные остатки фундаментов башни и подпиравших её контрфорсов. Вскрытые участки оказались разновременными – периода XVI–XIX веков. Часть из них в соответствии с проектом воссоздания сохранена внутри новой башни. Для части, оказавшейся за ее пределами (из-за оползневых процессов), идущей вдоль прясла между Белой и Зачатьевской башнями, с целью защиты от атмосферных осадков, выветривания, вандализма выполнено специальное сооружение из облегченных конструкций в виде стеклянного саркофага. Были обнаружены также фрагменты башни XVI века, визуально связанные между собой в единый музеефицированный архитектурно-археологический объект. За основу был принят эскизный проект воссоздания башни, выполненный в 2005 году ООО НИП «ЭТНОС» и согласованный Управлением Росохранкультуры. В настоящее время, с воссозданием Зачатьевской башни, разрушенный контур Нижегородского кремля стал единым.

В последующие годы теория и практика воссоздания культовых объектов Нижегородского кремля продолжилась. В качестве учебной работы Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (ННГАСУ) по программе ВКР бакалавриата в 2016 г. был разработан проект воссоздания кафедрального Спасо-Преображенского собора, который располагался в кремле и являлся главным сакральным объектом города. Проект получил высокую оценку профессионального сообщества, а также был представлен в Нижегородской митрополии, где получил одобрение митрополита Нижегородского и Арзамасского Георгия. Последний высказал желание не только реализовать представленный проект, но воссоздать все утраченные храмы Нижегородского кремля.

Это пожелание, хотя и частично, начало осуществляться. В 2019 г. было принято решение о воссоздании на прежнем историческом месте колокольни Спасо-Преображенского собора. Началу работ предшествовали археологические исследования участка. В настоящее время (2020 г.) закончены работы по возведению объема колокольни, ведутся отделочные работы [4].

Кроме колокольни нижегородского кремля по проекту Центра классической и традиционной архитектуры МАРХИ (проектного отделения Московского Архитектурного Института) возрождается Никольская домовая церковь при манеже и воссоздается храм в честь преподобного Симеона Столпника. Проектом предлагается восстановления всех церквей и соборов кремля [5].

В планах Нижегородской митрополии воссоздание главного Спасо-Преображенского собора, а также Успенкой церкви и Духовской церкви бывшего Духовского монастыря Нижегородского кремля.

На кафедре реставрации и реконструкции архитектурного наследия ННГАСУ по программе исследовательской работы с магистрами разработаны критерии обоснованности воссоздания и оценки полученного результата.

По перечисленным объектам в Нижнем Новгороде обоснованность воссоздания не вызывает сомнения. Качество проведенного воссоздания мы будем исследовать позже, по окончании проведенных работ.

Нам представляется это явление очень своевременным, поскольку оно демонстрирует реальный процесс духовного обновления современного общества. Возможно, после планомерного разрушения культовых сооружений в советский период, настало время «собирать камни», и любое напоминание о нашей истории ценно для архитектуры города и государства в целом.

1. Матвеев, Б. М. Деконструкция архитектурного наследия / Б. М. Матвеев. – Санкт-Петербург : Политехника-сервис, 2012. – 423 с.: ил.

2. Швидковский, Д. О. Пространство мирового зодчества / Швидковский Д. О. – Научное издание. – Москва : Архитектура-С, 2017. – 560 с.

3. Хмелевская, Д. Д. Проблемы воссоздания памятников архитектуры в реставрационной практике / Хмелевская, Д. Д, Шумилкина, Т. В. // Сборник докладов Международной научной конференции «XLII Добролюбовские чтения» и Всероссийской научно-практической конференции «"В усадьбе, у себя, в раю…" (Усадьба: мир, миф и миг действительности)»/ ИП Гладкова О. В. – Нижний Новгород, 2018. – С. 195–198.

4. Официальный сайт Городской Думы Нижнего Новгорода. – URL: http://www.gorduma.nnov.ru (дата обращения: 01.11.2020). – Текст: электронный.

5. Центр классической и традиционной архитектуры МАРХИ: – Официальный сайт. – Москва. – URL: https://www.archclassic-center.ru/nizhegorodskij-kreml-more (дата обращения 01.11.2020). – Текст: электронный.

РЕДЕВЕЛОПМЕНТ КАК МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ ДЕПРЕССИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛОГДЫ

Д.С. Ярославцева
Научный руководитель ***Е.М. Никитина****, ст. преподаватель*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

На сегодняшний день развитие большинства крупных современных городов сталкивается с проблемой преобразования промышленных территорий, расположенных в городской черте. Это обусловлено тем, что часть промышленных предприятий, основанных в XIX–XX вв. на окраине, сейчас из-за расширения городов оказались в центре или непосредственно вблизи его. Так, внутри города Вологды оказались завод «Вагрон», складская территория железнодорожного вокзала, Льнокомбинат со своим поселком, судоремонтный завод, Нефтебаза, Григорьевский лесозавод и многие другие (рис. 1).

В настоящее время состояние исторически сложившейся промышленной застройки российских городов, и города Вологды в частности, характеризуется общим невысоким качеством, не соответствующим современным технологическим и экономическим тенденциям развития региона и страны, а также реалиям глобализации мирового хозяйственного комплекса [1]. Выросшая за последнее время конкуренция, новые технологии, запросы людей, уклады и форматы XXI века делают устаревшие предприятия нерентабельными, многие из них сокращают производство или вообще закрываются.

Рис. 1. Промышленно-складская составляющая территории Вологды

Занимая кварталы в географическом центре города, эти предприятия и их значительные промышленные территории со всеми прилегающими административными зданиями, производственными и складскими помещениями, а также отлаженной когда-то транспортной инфраструктурой, сейчас превращаются в депрессивную, асоциальную среду. Зоны неработающих пустующих предприятий «разрывают» городскую ткань на части, изолируя друг от друга жилые кварталы, перекрывая доступ к ценным ресурсам. Также опасность всех заброшенных зданий – это ветхие стены и лестницы: не всегда возможно правильно оценить состояние здания. Так, например, в Вологде во время планового демонтажа ветхих цеховых помещений бывшей фабрики «Прогресс» по улице Машиностроительной аварийные конструкции не выдержали и рухнули, погибло двое рабочих.

Одним из эффективных способов повторного использования и включения данных территорий вновь в жизнь города и его жителей, прежде всего, является редевелопмент. Редевелопмент – это «планирование, разработка, перепланирование, реконструкция, очистка, реабилитация проектной территории или любые комбинации из приведенных выше, формирование жилой, коммерческой, промышленной, общественной недвижимости в данном пространстве в необходимых соотношениях для получения наибольшей выгоды от их деятельности в финансовом году» [2].

Однако несмотря на то, что редевелопмент успешно завоевывает и показывает позитивные результаты на мировом рынке, в нашей стране, и в гооде Вологде в частности, данный подход еще не до конца изучен и не применяется на практике. Поэтому первоначальной целью данного исследования в рамках подготовки выпускной квалификационной работы «Редевелопмент промышленных территорий. Образовательно-досуговый комплекс в городе Вологде» является изучение и актуализация в развитии депрессивных территорий такого нового подхода, как редевелопмент.

Задачи исследования – изучить формы реорганизации промышленных территорий, проанализировать преимущества редевелопмента, на примере города Вологды, его актуальность и привлекательность для так называемых стейкхолдеров – организаций и частных лиц, заинтересованных в данных программах.

Процесс редевелопмента для Вологды очень актуален: в то время как город разрастается на юг, где создаются кварталы, лишенные должного уровня благоустройства и инфраструктуры, которые оказываются оторваны от городского центра, существуют перспективные заброшенные промышленные территории вблизи центра. Именно поэтому в 2019 году были внесены изменения в Генеральный план города. Рассматривая их, можно увидеть, что находящиеся в непосредственной близости с центром производственные зоны IV, V классов опасности в проектном предложении представлены зонами жилой застройки разной этажности, общественно-деловыми зонами, а также за счет этих территорий улучшена транспортно-пешеходная связь как местного, так и городского значения [3].

Рис. 2. Схема перспективного развития бывшей производственно-складской территории фабрики «Северный коммунар» в соответствии с Генеральным планом города Вологды, 2019 г.

В Вологде достаточно пустующих или находящихся на грани упадка заводов с их промышленными территориями. Для дипломного проекта были выбраны территории бывшего завода «Северный коммунар» и овчинно-меховой фабрики по улице Машиностроительной (рис. 2). При этом в первую очередь учитывались их близость к центру, наличие инфраструктуры, транспортная доступность, живописность места и возможность для дальнейшего самостоятельного развития.

Анализ функционального наполнения района показал, что территория, окружающая промзону, находится на стадии развития. В радиусах близкой доступности расположены продуктовые магазины, магазины бытовой техники и электротоваров, а также развивающая секция для детей – IT-клуб. Торговые центры, аптеки, фитнес клубы, объекты развлечения, досуга и спорта находятся в значительном отдалении.

Рис. 3. Существующая схема пешеходно-транспортных связей

Территория расположена в непосредственной пешеходной доступности от центра города, рядом с важными туристическими направлениями, вблизи набережной, примыкает к важной транспортной артерии города (рис. 3). Хорошо налажено муниципальное транспортное обслуживание, обеспечен легкий доступ за пределы района

Данная территория является чрезвычайно притягательной для девелоперов. Потенциал территории дает возможность создания в Вологде пространства, способного привлечь, аккумулировать и удержать вокруг себя различные

слои населения, тем самым повысив привлекательность Вологды для инвесторов и культурно-познавательного и делового туризма. В соответствии с концепцией дипломного проекта эта площадка может использоваться как образовательно-досуговый комплекс, в состав функций которого входят экспериментальные и экспозиционные площадки, направленные на демонстрацию деревянного строительства и изделий из дерева; а также современные форматы подготовки и обучения специалистов. Кружки, всевозможные секции для детей и их родителей, многофункциональные зоны, магазины, кафе и рестораны, конференц-залы, концерты и клубы позволят вновь вплести данную территорию в ткань города.

Таким образом, можно сказать, что в связи с быстрым развитием технического прогресса адаптация данной промышленной территории в городской застройке должна основываться на создании гибких универсальных систем, способных к мгновенной диверсификации процессов, а также создании кластеров, представляющих сложные полифункциональные пространства. Архитектурно-пространственная организация должна быть ориентирована на перспективное видение принципов, композиционного формообразования, которые будут различаться по применяемым инструментам и комплексу проводимых мероприятий в зависимости от желаемых целей, также учитывая динамику развития социально-экономических процессов в развитии общества.

1. Демидова, Е. В. Реабилитация промышленных территорий как части городского пространства / Е. В. Демидова //Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 1. – С. 9–12

2. Журбей, Е. В. Редевелопмент как перспективный механизм развития муниципальных территорий: зарубежный и отечественный опыт / Е. В. Журбей, Е. Н. Давыборец, Е. В. Еленева // Ойкумена. Регионоведческие исследования. – 2014. – № 4 (31). – С. 90.

3. Генеральный план муниципального образования «Город Вологда» : интернет-портал. – URL: https://vologda-portal.ru/oficialnaya_vologda/index.php?SECTION_ID=472 (дата обращения: 23.12.2020). – Текст : электронный.

Секция «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОСТА ТУИ ЗАПАДНОЙ В ГБС РАН

П.С. Александров
Научный руководитель ***Д.Е. Румянцев****, д-р биол. наук, профессор*
Мытищинский филиал
Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи

Туя западная (*Thuja occidentalis* L.) в нормальных условиях роста и развития представляет собой дерево высотой до 20 м. Родиной вида является Северная Америка, однако она уже давно интродуцирована в Европе (с 1536 года) и в России (с XIX века). Дендрохронологические исследования роста туи западной ранее в условиях Московской области не выполнялись, однако в последние годы были выполнены нами [1, 2, 3]. Важно, что данный вид устойчив в урбанизированной среде и выполняет там значимые экосистемные функции. Динамика радиального прироста может служить независимой переменной для оценки кислородпродуцирующей функции деревьев и насаждений и оценки эффектов трансформации данной функции в условиях меняющихся погодных условий разных вегетационных сезонов.

Следует учитывать, что условия произрастания зеленых насаждений в городах резко отличаются от природных условий роста. В первую очередь это связано с техногенным загрязнением атмосферы и почвы в результате деятельности автотранспорта и промышленности. Однако действуют и иные факторы, такие как трансформация климата и микроклимата; трансформация водного и воздушного режима почвы; световое и тепловое загрязнение; иная структура биотических связей в урбоэкосистеме по сравнению с естественной экосистемой, эволюционно новые варианты межвидовой конкуренции; часто, высокие механические повреждения поверхности ствола; высокая частота повреждения корневой системы в результате прокладки канализации, водопровода, газопровода и иных коммуникаций; трансформация структуры почвы в результате перемешивания горизонтов; уплотнение почвы; специфичный режим ухода за деревьями со стороны человека, который может включать обрезку, полив, опрыскивание, внесение удобрений и иные меры ухода.

Целью нашего исследования был анализ климатической обусловленности колебаний радиального прироста туи западной, произрастающей в условиях города Москвы. Актуальность выполненного исследования обусловлена тем, что дендрохронологическая информация позволяет на объективной основе выявить факторы, критически значимые для нормального протекания физиологических процессов в организме дерева. Научная новизна выполненных ра-

бот связанна с тем, что исследования влияния климатических факторов на рост многих видов древесных растений-интродуцентов города Москвы до настоящего времени не выполнялись. Такие данные отсутствуют для туи западной – вида, широко используемого в озеленении. Практическая значимость работы связана с тем, что результаты выполненной диагностики могут быть использованы при формировании рекомендаций по уходу за насаждениями на объектах исследования, также послужит оценке кислород-продуцирующей функции туи западной как экосистемной услуги.

Литературные данные говорят о том, что насаждения туи в данной части дендрария ГБС РАН было создано в 50-х годах XX века. Следует отметить, что насаждение создавалось посадкой, а посадочный материал к моменту посадки уже имел определенный (небольшой) биологический возраст. Полевые исследования проводились в октябре 2019 года. Методика их была аналогичной методикам, изложенным в работах научного руководителя [3, 4]. Дендрохронологическим методом были изучены главные климатические факторы, способные вызывать ослабление деревьев в данном древостое. Итог исследований отражают данные таблицы.

Таблица

Значения коэффициентов корреляции между индексами радиального прироста и метеопараметрами

Месяц	Метеопараметр			
	Год, предшествовавший году формирования годичного кольца		Год формирования годичного кольца	
	температура	осадки	температура	осадки
январь	0,08	0,20	-0,21	0,00
февраль	0,16	-0,15	0,06	0,15
март	0,11	0,06	-0,02	0,14
апрель	0,05	0,13	0,08	0,09
май	0,15	-0,03	**-0,53**	**0,33**
июнь	-0,09	0,10	-0,25	0,01
июль	-0,23	**0,39**	-0,15	0,22
август	-0,15	0,21	0,03	0,08
сентябрь	-0,13	0,02	0,02	**-0,28**
октябрь	0,12	-0,17	-0,17	0,09
ноябрь	-0,11	-0,03	-0,07	0,06
декабрь	0,31	0,29	-0,06	0,02

Достоверные значения коэффициента корреляции для температур сентября – это случайность, уровень доверительной вероятности 0,05 как раз и подразумевает, что 5 % из выявленных коэффициентов будут иметь случайный характер и в первую очередь это относится к коэффициентам, значение которых близко к пороговому (в нашем случае 0,26). Четко выражен отрицательный эффект майских засух в год формирования годичного кольца (на-

блюдается отрицательная реакция ширины годичного кольца на повышенные температуры и положительная на повышенные суммы осадков). Также недостаток осадков в июле в год, предшествовавший году формирования годичного кольца, имеет отрицательное влияние на прирост, обилие же осадков на нем сказывается положительно.

Таким образом, подводя итог исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Сильное отрицательное влияние на рост туи западной в благоприятных условиях насаждения на территории ГБС РАН оказывают высокие температуры мая. Засуха при этом для нее не значима. Положительное влияние оказывают обильные осадки в мае.

2. Малое количество осадков в июле отрицательно скажется на росте туи на следующий год, что имеет смысл учитывать при планировании агротехнических уходов за туей на следующий год.

3. Полученные древесно-кольцевые хронологии могут использоваться для дальнейших более подробных исследований, а выводы исследования в перспективе послужат основой для достаточно широких обобщений.

1. Александров, П. С. Влияние климатических факторов на формирование годичных колец туи западной в условиях дендрария МФ МГТУ им. Баумана / П. С Александров // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2019» / ответсвенный редактор И. А. Алешковский, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов. – URL: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2019/data/16075/93292_uid344461_report.pdf (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

2. Румянцев, Д. Е. Особенности роста туи западной в дендрарии МФ МГТУ им. Баумана, по данным дендрохронологического анализа / Д. Е. Румянцев, Н. С. Воробьева, П. С. Александров // Academy. – 2019. – № 4 (43). – С. 4–6.

3. Александров, П. С. Реконструкция хода роста по диаметру для туи западной в условиях Главного ботанического сада РАН / П. С. Александров // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2020» / ответственный редатор И. А. Алешковский, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов. – URL: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/index.htm (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ДЕРЕВНИ ПРОГРЕСС ШЕКСНИНСКОГО РАЙОНА

А.А. Голубева
Научный руководитель ***О.В. Баженова***, *канд. геогр. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В настоящее время стремительно растет роль городской культуры в развитии общества. Для создания оптимальных условий труда и отдыха горожан в планировочной структуре современного города должна присутствовать органическая часть – зеленые насаждения.

Зеленые насаждения на территории населенных пунктов испытывают высокую антропогенную нагрузку и зачастую перестают выполнять декоративно-эстетические и гигиенические функции. Для выявления и предотвращения кризисных экологических ситуаций в парках, скверах и садах *актуальным* является своевременное изучение количества и видового состава растительности, устойчивости, жизнеспособности, поврежденности древесных растений, качества газонов и цветников в населенных пунктах.

Цель работы: приобретение практических навыков получения объективной информации об экологическом состоянии зеленых насаждений на примере парка в центральной части деревни Прогресс Шекснинского района.

Для реализации цели нами поставлены следующие *задачи*: собрать информацию о границах и площади, занятой древесной растительностью, газонами и цветниками; провести учет фактического количества произрастающих растений (по жизненным формам, видам и возрастным категориям); провести оценку экологического состояния деревьев, кустарников, газонов и цветников; заполнить экологический паспорт территории и перечень растений на пробной площадке.

Объектом исследования является парк, расположенный на территории Вологодской области, Шекснинского района, в центральной части деревни Прогресс. *Предмет* исследования – выявление кризисных экологических ситуаций на территории парка. Работа выполнена по результатам полевых исследований, проведенных автором в июне 2020 года.

Работа проводились согласно методике оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования, разработанной на основе ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 с дополнениями [2].

Ключевым участком для исследования был выбран парк в центральной части деревни Прогресс. Ранее данная территория принадлежала детскому пионерскому лагерю «Колосок». Парк был заложен в 60–70-х годах XX века. Общая площадь данного участка составляет 4815 м². Южной границей парка является ул. Центральная. С востока ключевой участок ограничен ул. Молодежной. Северной границей служит ул. Нагорная. Западная граница проходит

по грунтовой дороге и прилегающими к ней частными постройками. Расстояние до пгт Шексна составляет 1,5 км [1].

Парк расположен на ровной и сухой местности, на коренном берегу реки Углы, ниже грунтовой дороги. Интенсивность дорожного движения вблизи парка была оценена в 3 балла. Так как парк расположен на главной улице деревни, то интенсивность дорожного движения здесь является максимальной. Дорога связывает деревню с соседними населенными пунктами: д. Пронино, д. Селино, д. Рылово.

Преобладающий тип растительности на участке – древесная лиственная. Всего здесь представлено 40 экземпляров деревьев. По видовому составу преобладают старые посадки березы повислой – 80 %. На новые посадки клена остролистного приходится – 17,5 % (2020 год). Также на ключевом участке отмечена единичная посадка каштана конского – 2,5 %. Хвойные деревья на исследуемом участке отсутствуют.

Так как в парке преобладают старые посадки березы повислой, то основной класс возраста на ключевом участке равняется «4» (от 45 до 60 лет). Высота деревьев варьируется от 17 до 20,5 метров. Максимальная длина окружности ствола 220 см. Минимальная длина окружности – 76 см. Таким образом, средняя высота березы повислой на изучаемом участке составляет 19,5 метров, а средняя окружность – 127,3 см.

Среди 32 экземпляров березы повислой к категории состояния «1» относится 15 деревьев, что составляет 46,8 %. Данные деревья не имеют признаков ослабления, на них отсутствуют повреждения от вредителей, а также нет поражений болезнями. К категории состояния «2» относится 17 деревьев – 53,2 %. Ко «2» категории относятся деревья удовлетворительного состояния, с признаками ослабления и повреждениями ствола. Стоит отметить, что на коре деревьев часто встречаются некоторые виды мхов и лишайников.

В 2020 году на территории парка производилась посадка саженцев клена остролистного. Их можно отнести к «1» классу возраста – до 15 лет, и к «1» категории состояния.

Единичная посадка каштана конского была осуществлена в 2018 году. Его также можно отнести к «1» классу по возрасту. Но по категории состояния данный вид относится к «4». У данного экземпляра происходит массовое усыхание верхних ветвей. Таким образом, средний балл состояния древостоя равен «2» – удовлетворительно.

Кустарники на ключевом участке представлены одиночными посадками четырех видов (23 экземпляра). Максимальное количество приходится на сирень обыкновенную – 43 %. На яблоню кустовую приходится 30 % от всех кустарников на ключевом участке, а 21 % кустарников – рябина кустовая. И минимальное количество приходится на черемуху обыкновенную – 4 %.

Все виды кустарников, кроме сирени обыкновенной, относятся к «1» категории состояния, без признаков ослабления. Единичные посадки сирени обыкновенной имеют механические повреждения и частичное усыхание ветвей, по-

этому данный вид был отнесен ко «2» категории состояния. Таким образом, средний балл состояния кустарников на ключевом участке равен «1» – хорошо.

Площадь газона на ключевом участке – 4600 м², что составляет 95 % от исследуемой территории. На территории ключевого участка развита тропиночная сеть (20 %), что снижает качество газона. Категория состояния газона в исследуемом парке «3» – неудовлетворительно. На момент исследования газон находился в неудовлетворительном состоянии. Было отмечено, что давно не производился покос травы. Также стоит отметить, что состав травянистых растений различен, большое количество сорных растений. Доминирует одуванчик лекарственный.

В парке расположены 3 клумбы. Площадь каждой клумбы составляет 15 м². Культурные растения, произрастающие на клумбах делятся на однолетние и многолетние. Многолетние растения представлены флоксом метельчатым, ирисами, хостой волнистой, лилейниками, астильбой китайской, примулами, тюльпанами, нарциссами и пионами. Однолетние растения на ключевом участке представлены петуньями, бегониями, агератумом Гаустона, гвоздикой садовой, бархатцами мелкоцветными, календулой лекарственной. Общее количество растений на каждой клумбе – более 50 штук. Категория состояния цветников – «2» – удовлетворительно. На клумбах можно заметить сорные растения.

По результатам оценки экологического состояния древостоя, кустарников, газона и цветников, нами была выведена интегральная оценка состояния всей растительности парка. При учете поправочных коэффициентов (ПК), коэффициент комплексной экологической оценки (ККЭО) равен 1,88. Коэффициент имеет высокое значение, что говорит о достойном состоянии зеленых насаждений. С помощью значения ККЭО возможен сравнительный анализ различных зеленых территорий населенного пункта. Также можно проследить изменение данного коэффициента в течение времени на одном ключевом участке.

Таким образом, в ходе исследования, нами была проведена оценка экологического состояния зеленых насаждений в деревне Прогресс. По результатам исследования можно сделать вывод, что парк находится в хорошем состоянии. В парке производятся работы по благоустройству территории: посадка цветов, прополка клумб, посадка деревьев, обработка от клещей и т.д. Парк используется местными жителями для рекреационных целей.

1. Поисково-информационная картографическая служба Яндекс. – URL: https://yandex.ru/maps/geo/rabochiy_posyolok_sheksna/53143853/?ll=38.505119%2C59.205427&z=14.75 (дата обращения: 20.07.2020). – Текст, карты: электронный.

2. Баранов, С. Г. Оценка экологического состояния зеленых насаждений: Практикум по экологии для бакалавров направления 050100 / С. Г. Баранов, С. Ю. Морев, Т. С. Бибик. – Владимир : Издательство Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2013. – С. 118–129.

ВЛИЯНИЕ РАЗНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РТУТИ НА МУЖЧИН С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

М.А. Гусева
Научный руководитель ***В.Т. Комов****, д-р биол. наук, доцент*
Череповецкий государственный институт
г. Череповец

Ртуть – очень токсичный металл природного происхождения, который причиняет значительный вред как человеку, так и экосистеме. Ртуть выделяется в окружающую среду человеком в ходе различных видов деятельности. Ртуть имеет тенденцию задерживаться в окружающей среде [3].

Отравление ртутью может быть следствием: воздействия водорастворимых форм ртути (таких как хлорид ртути) или вдыханием паров ртути, употреблением в пищу морепродуктов, загрязненных ртутью. Последствия включают повреждение почек, печени и легких, но ртуть в первую очередь яд, вызывающий тремор, резкие перепады настроения и, в конечном итоге, потерю слуха и ограничение зрения. Даже относительно низкие дозы влияют на нервную систему [3].

В настоящее время население в целом подвергается воздействию ртути из следующих основных источников: потребление зараженной рыбы, использование стоматологической амальгамы и манипуляции с ней, тимеросал, содержащийся в вакцинах, рабочие на предприятиях по производству хлора, каустической соды, горняки и рабочие в отраслях промышленности люминесцентных ламп [5, 6].

Низкий уровень хронического воздействия элементарной или других форм ртути вызывает более незаметные симптомы и клинические проявления [2].

Принятие смертельной дозы хлорида ртути приводит к желтухе, повышению уровня АСТ и билирубина. При вскрытии печень увеличенная и размягченная [1].

Клинические последствия отравления ртутью включают гипертонию, ишемическую болезнь сердца, инфаркт миокарда, увеличение толщины и непроходимости интима-медиа сонных артерий, нарушение мозгового кровообращения, генерализованный атеросклероз [4].

Поэтому токсичность тяжелых металлов, особенно ртути, должна быть оценена у любого пациента с гипертонией, ИБС или другими сосудистыми заболеваниями.

В исследовании принимали участие 185 мужчин в возрасте от 41 до 90 лет, имеющие сердечно-сосудистые заболевания. Все участники были разделены на две группы по содержанию ртути в волосах: 1 группа – концентрация ртути в волосах от 0,004 до 0,45 мг/кг, 2 группа – 0,451–4,549 мг/кг. У всех испытуемых были отобраны волосы из затылочной части головы с дальнейшим проведением анализа с помощью ртутного анализатора РА-915+ с приставкой ПИРО

(Люмэкс) атомно-абсорбционным методом холодного пара без предварительной подготовки. Для оценки состояния здоровья исследовали биохимические показатели крови (общий белок, альбумин, прямой и общий билирубин, АЛТ, АСТ, мочевина, креатинин, глюкоза, холестерин, триглицериды, амилаза, липаза, натрий, калий хлор, общая и сердечная креатинкиназа, СРБ).

Среднее содержание ртути в первой группе составило 0,213 мг/кг, во второй – 1,179 мг/кг (рис.).

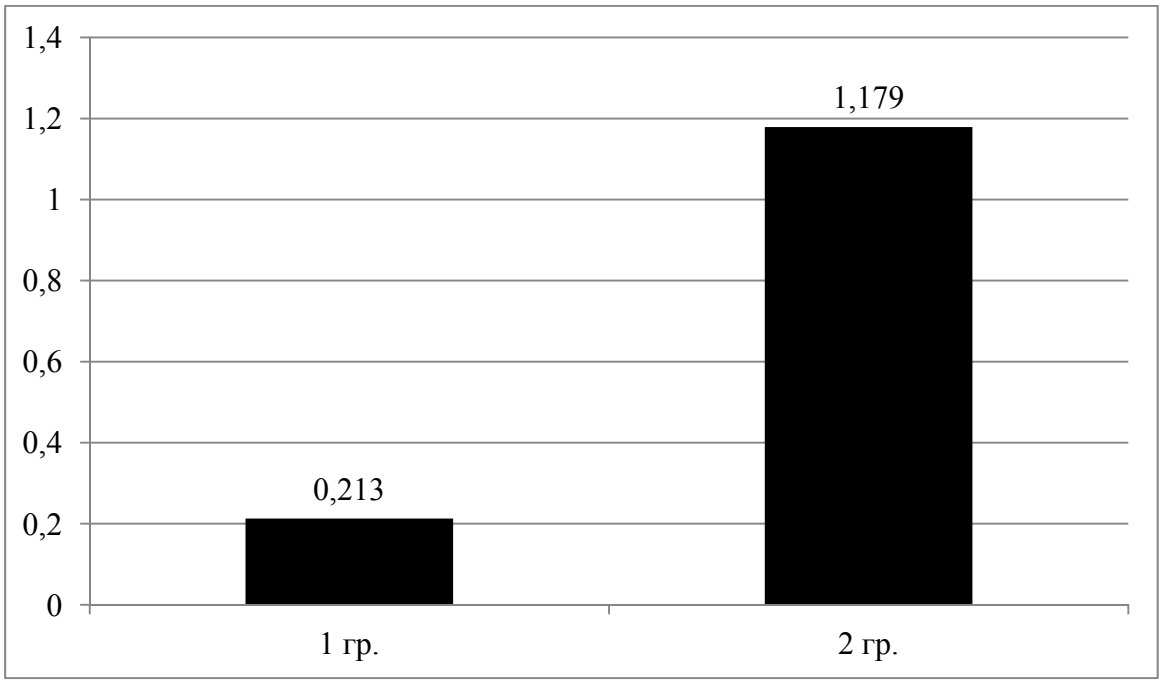


Рис. Среднее содержание ртути (мг/кг) в волосах у мужчин с сердечно-сосудистыми заболеваниями

В первой группе выявили положительную зависимость изменения концентрации общего белка (r_s= 0,21, p ≤ 0,043). Во второй группе мужчин выявили положительную зависимость изменения концентрации АЛТ (r_s= 0,24, p ≤ 0,023), АСТ (r_s= 0,23, p ≤ 0,028), калия (r_s= 0,26, p ≤ 0,018), креатинкиназы общей (r_s= 0,29, p ≤ 0,007) от содержания ртути в волосах.

Таким образом, минимальные дозы ртути вызывают незаметные клинические проявления, а с увеличением концентрации ртути в волосах в большей степени отражается ее действие на биохимическом уровне.

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Toxicological Profile for Mercury, ATSDR, Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Washington, DC, USA, 1999.

2. Bernhoft, R. A. Mercury toxicity and treatment: a review of the literature/ R. A. Bernhoft // Journal of environmental and public health. – 2012. – vol. 2012. – P. 10.

3. Executive summary / Science for environment policy. Tackling mercury pollution in the EU and worldwide, Bristol. – 2017. – P. 3–12.

4. Houston, M. C. The role of mercury and cadmium heavy metals in vascular disease, hypertension, coronary heart disease, and myocardial infarction/ M. C. Houston // Alternative therapies in health and medicine. – 2007. – vol. 13. – no. 2. – P. 128–133.

5. Mahaffey, K. R. Mercury exposure: medical and public health issues/ K. R. Mahaffey // Transactions of the American clinical and Climatological Association. – 2005. – vol. 116, – P. 127–154.

6. Zavariz, C. Clinico-neuro-psychological evaluation of workers exposed to metallic mercury in the electric lamp industry / C. Zavariz, D. M. Glina // Revista de Saude Publica. – 1992. – vol. 26. – no. 5. – P. 356–365.

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЧАСТУХОЙ ПОДОРОЖНИКОВОЙ (*ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L.)

Е.А. Денисова, А.А. Мазуркевич
Научные руководители: ***А.В. Румянцева****, канд. биол. наук, доцент,*
И.А. Непорожняя*, ст. преподаватель*
Череповецкий государственный университет
г. Череповец

Первостепенной экологической проблемой каждого региона и всего мирового сообщества в целом является загрязнение окружающей среды продуктами промышленного комплекса. Практически все известные нам круговороты не проходят без участия гидросферы, будь это хоть атмосферные осадки, почвенный сток, миграция подземных вод и т.д., то есть любое загрязнение рано или поздно отразится на водных ресурсах Земли [3].

Гидроботанические исследования в отрасли биоиндикации, очистки вод и регуляции процессов водоема [4] приобрели четкую направленность в области применения экологического потенциала водной растительности, а именно макрофитов, в связи с их способностью аккумулировать избыток тяжелых металлов [2]. Перспективным направлением для изучения и последующего применения стала фиторемедиация. В Америке и Европе уже давно получили распространение искусственные и естественные ветланды для очистки сточных вод от тяжелых металлов многих промышленных предприятий и сельскохозяйственных производств [6, 7].

Цель работы: изучить накопление тяжелых металлов частухой подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L.) при загрязнении воды медью и свинцом.

Материалом для фиторемедиационного опыта послужили взрослые нецветущие растения частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* L., семейство Alismataceae). Растение обладает широкой экологической пластичностью и является пионерным растением [8]. Как представитель влажных место-

обитаний частуха выполняет ряд следующих важных функций: способствует осаждению взвешенных частиц; поглощает биогенные элементы и некоторые органические вещества; способна накапливать некоторые металлы и трудно разлагаемые органические соединения и т.д. [8].

Сбор растения производился на берегу реки Ягорбы (окресности п. Тоншалово) выше города Череповца (условно чистого местообитания (УЧ)) и на берегу реки Серовки в пределах города Череповца (условно загрязнённого местообитания (УГ)). До начала эксперимента все растения в течении 3-х дней держали в дистиллированной воде. Отобранные растения на неделю (07.08.2019–15.08.2019) помещались в воду (3 л), содержащую 6ПДК$_{рх}$Cu, 6ПДК$_{рх}$Pb, параллельно ставился контроль. Ёмкости с растениями устанавливались на достаточно освещённое место, при этом корневые системы затемнялись плотными листами бумаги.

Для измерения содержания меди и свинца в листьях и корнях растений до и после опыта использовали атомно-абсорбционный спектрометр «МГА-915МД», предварительная пробоподготовка проводилась с использованием минерализатора «Минотавр–2».

В ходе эксперимента были получены следующие результаты, которые представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов (Pb и Cu) в листьях и корнях частухи подорожниковой (опыт)

Пробы	Лист, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Лист, мг/кг 15.08 (сух. мас.)	Лист, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Лист, мг/кг 15.08 (сух. мас.)
	Pb		Cu	
УЧ	0,54–3,86 2,52±0, 32	153,47–340,42 222,71±14,15	3,50–8,75 5,44±0,57	142,24–2081,74 1043,85 ±145,06
УГ	1,23–3,52 2,24 ±0,21	98,91–364,69 220,17±29,62	3,68–20,73 10,73±1,57	261,79–617,08 395,50±35,53
	Корень, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Корень, мг/кг 15.08 (сух. мас.)	Корень, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Корень, мг/кг 15.08 (сух. мас.)
	Pb		Cu	
УЧ	8,24–32,42 18,42±2,55	844,–1455,01 1130,01±52,71	73,60–116,07 91,11±4,38	223,41–901,15 594,93±68,95
УГ	2,36–16,28 10,23±1,41	95,52–819,54 424,32±69,66	27,19–49,19 41,24±2,48	306,74–2698,36 1095,40±183,93

Примечание. Над чертой – минимальное и максимальное значения, под чертой – среднее значение и ошибка среднего.

Корневая система многих видов растений обладает высокой аккумулирующей способностью, в результате чего на начало эксперимента содержание

тяжелых металлов (Cu, Pb) в корнях частухи больше, чем в листьях. Среднее содержание меди в корнях частухи подорожниковой из условно чистого местообитания в 2 раза превышало концентрацию из условно грязного местообитания. В листьях средняя концентрация меди из условно грязного местообитания в 2 раза превышала концентрацию из условно чистого местообитания. При анализе накопления меди в листьях и корнях частухи подорожниковой по окончании опыта наблюдалось: у растений из условно загрязненного местообитания среднее содержание меди в корнях в 3 раза превышает концентрацию в листьях, а среднее содержание меди в листьях из условно чистого местообитания в 2 раза превышает концентрацию в корнях. Это свидетельствует о том что, загрязнитель удерживается барьерными тканями – эндодермой корней и поясом Каспари. Кроме того, медь имеет высокое сродство к компонентам корневой слизи и клеточных стенок проводящих тканей [5]. Напротив, у частухи из условного чистого местообитания хуже развит физиологический барьер, и в надземные органы беспрепятственно поступает медь.

Независимо от местообитания в результате эксперимента идет накопление тяжелых металлов (Cu, Pb) во всех органах растения.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов (Pb и Cu) в листьях и корнях частухи подорожниковой (контроль)

Пробы	Лист, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Лист, мг/кг 15.08 (сух. мас.)	Лист, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Лист, мг/кг 15.08 (сух. мас.)
	Pb		Cu	
УЧ	1,06–2,94 1,88±0,18	0,32–10,45 3,03±0,90	3,64–5,30 4,44±0,17	0,49-44,36 17,51±4,49
УГ	0,05–0,97 0,68±0,09	2,98–19,36 8,63±1,89	2,70–6,49 4,82±0,39	1,50–33,15 11,61±2,79
	Корень, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Корень, мг/кг 15.08 (сух. мас.)	Корень, мг/кг 07.08 (сух. мас.)	Корень, мг/кг 15.08 (сух. мас.)
	Pb		Cu	
УЧ	8,24–32,42 18,42±2,55	3,18–15,60 9,05±1,19	73,60–116,07 91,616±3,891	2,80–43,40 24,47±3,86
УГ	2,36–16,28 10,23±1,41	7,28–18,30 11,92±1,09	27,19–49,19 41,24±2,48	20,35–54,57 32,20±3,85
Примечание. Над чертой – минимальное и максимальное значения, под чертой – среднее значение и ошибка среднего.				

В контрольных образцах средняя концентрация металлов (Cu, Pb) в корнях частухи понизилась, особенно у частухи из чистого местообитания, в листьях средняя концентрация увеличилась, что свидетельствует о транслокации металлов и их фитоволатилизации. Фитоволатилизация – процесс поглощения загрязняющего вещества с последующей транспирацией контаминанта или модифицированной формы в атмосферу из надземной части растения (пре-

имущественно листья). Этот процесс происходит по мере того, как растущие растения поглощают воду и органические загрязнители [1].

По результатам исследования при рассмотрении характера аккумуляции и распределения металлов (Cu, Pb) в частухе подорожниковой прослеживаются некоторые закономерности. Аккумуляция тяжёлых металлов различна по отношению к подземной и надземной части растения. Наибольшее содержание поллютантов обнаруживается в корнях частухи подорожниковой, независимо от её местообитания. Вместе с тем отмечается бесконтрольное поступление меди в листья растений из условно чистого местообитания, что свидетельствует о нарушении физиологического корневого барьера. По отношению к характеру аккумуляции свинца, частуха из условно чистого местообитания обладает большей накопительной способностью, следовательно, и более высоким фиторемедиационным потенциалом по сравнению с растениями условно грязного местообитания. Явление активной транслокации свинца и меди в надземную часть у контрольных растений из условно чистого местообитания указывает на активное участие данной группы в процессе фитоволатизации. Частуху подорожниковую можно рекомендовать для проведения фиторемедиации водных объектов.

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях : учебник / Ю. В. Алексеев. – Ленинград : Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. – 142 с.

2. Алексеева-Попова, Н. В. Реакция отдельных видов и популяций на высокое содержание меди в среде // Растения в экстремальных условиях минерального питания. – Ленинград : Наука, 1983. – С. 42–54.

3. Битюцкий, Н. П. Необходимые микроэлементы растений / Н. П. Битюцкий. – Санкт-Петербург, 2005. – 256 с.

4. Гусев, Н. Ф. Реакция травянистых растений на атмосферное загрязнение / Н. Ф. Гусев, О. Н. Немерешина // Земледелие. – 2003. – № 5. – С. 19–20.

5. Нестерова, А. Н. Действие тяжелых металлов на корни растений. Поступление свинца, кадмия и цинка в корни, локализация металлов и механизмы устойчивости растений // Биологические Науки. – 1989. – № 9. – С. 72–86.

6. Прасад, М. Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами / М. Н. Прасад // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 5. – С. 768–780.

7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – URL: http://www.etch.ru/norma.php?art=4 (дата обращения: 16.06.2020). – Текст : электронный.

8. Смиренский, А. А. Водные кормовые и защитные растения в охотничье-промысловых хозяйствах / А. А. Смиренский. – Москва : Государственное издательство технической и экономической литературы по вопросам заготовок, 1952. – 183 с.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В КИЧМЕНГСКО-ГОРОДЕЦКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

В.В. Дурягина
Научный руководитель ***А.С. Новоселов****, канд. с.-х. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Лесной фонд России по данным первой половины 2020 года составляет 809 млн га и оказывает значительное влияние на формирование ее климата. Страна по праву считается лесной державой, так как площадь ее лесов составляет 20 % от лесного массива мира [1].

Лесные пожары – одна из серьезных проблем природопользования в России. Кроме угрозы жизни населению и прямых экономических потерь, лесные пожары наносят огромный ущерб биоразнообразию и местам обитания ценных и редких видов животных и растений, многие из которых сосредоточены в первозданных, или так называемых малонарушенных, лесах. Также лесные пожары негативно влияют на изменения климата, увеличивая содержание CO_2 в атмосфере за счет потерь углерода, накопленного в биомассе и почве. Для восстановления леса требуется несколько десятков лет и несколько поколений лесничих [2].

Обычно возгорания лесов начинаются в апреле и длятся до октября. Ежегодно в России регистрируется от 9 до 35 тыс. лесных пожаров. По данным аэрофотосъемки за последние 20 лет в среднем в России огонь проходит 10 млн га лесов ежегодно, в отдельные годы – до 18 (в 2019 году – 16,5 млн га). В год из-за пожаров полностью погибает не менее 3 млн га лесов, что в три раза больше, чем площадь лесов, ежегодно используемых для заготовки древесины [3].

В среднем размер ущерба от лесных пожаров ежегодно составляет порядка 20 млрд руб, из них от 3 до 7 – ущерб лесному хозяйству. Остальные потери – расходы на тушение и последующую расчистку горелых площадей, ущерб от гибели животных, загрязнения продуктами горения, затраты на восстановление леса и другое [4].

Для анализа ущерба от лесных пожаров и, в дальнейшем, предложений и рекомендаций по предотвращению возникновения возгораний был выбран Кичменгско-Городецкий район Вологодской области, административный центр – село Кичменгский Городок. Предметом исследования служат картографические данные и акты освидетельствования лесных пожаров.

Цель исследования – обработать отчетность о фактически произошедших лесных пожарах, проанализировать их репрезентативность в Кичменгско-Городецком районе Вологодской области и представить рекомендации по предотвращению возникновения лесных пожаров и уменьшению ущерба от них.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие ***задачи***:

1. Создать базу данных лесных пожаров, возникших на территории Кичменгско-Городецкого государственного лесничества.

2. Изучить причины возгораний, площадь, способы обнаружения, типы лесных пожаров и ущерб от их последствий.

3. Определить проблемные участки государственного лесничества с наибольшим количеством возникновения лесных пожаров и предоставленным ущербом.

4. Сформулировать предложения по совершенствованию системы безопасности в лесах района.

Кичменгско-Городецкое лесничество Вологодской области расположено в восточной части области на территории Кичменгско-Городецкого муниципального района. Протяженность территории лесничества с севера на юг (в км) – 70, с запада на восток – 120 [5].

Общая площадь лесничества по состоянию на 01.01.2020 составляет 606 129 га. В составе лесничества образовано десять участковых лесничеств и три участковых сельских лесничества. Самые крупные участковые лесничества по площади лесного массива – Пыжугское (54 867 га), Шарженгское (54 194 га) и Верхне-Югское (49 454 га). Кичменгско-Городецкое участковое лесничество с площадью 61 605 га (37 %) занимает лидирующее положение среди участковых сельских лесничеств. Защитные леса занимают 130 523 (22 %), а эксплуатационные – 475 606 га (78 %).

Земли, покрытые лесной растительностью, составляют 93 % от общей площади земель лесного фонда лесничества, в том числе лесные культуры – 38 442 га (6 %), несомкнувшиеся лесные культуры – 1 241 га (1 %), земли, не покрытые лесной растительностью (3 %), представлены преимущественно вырубками последних двух лет. Нелесные земли составляют 4 % от общей площади лесничества и представлены в основном болотами.

Для изучения фактически произошедших лесных пожаров был выбран период с 2000 по 2019 год. За это время на территории Кичменгско-городецкого района произошел 41 пожар. В целом 75,6 га лесного массива были охвачены огнем. Рекордным по количеству воспламенений стал 2010 год. Было зарегистрировано 11 очагов воспламенения, что составляет 1/3 всей горелой площади за последние 19 лет.

За данный период времени произошли пожары всех типов. Низовые слабой интенсивности составили 71 % от общего количества лесных пожаров, а низовых средней интенсивности было в три раза меньше. Было отмечено по одному случаю верхового и подземного пожаров слабой интенсивности.

По данным актов освидетельствования мест пожара, причинами возгорания стали (в %): неосторожное обращения человека с огнем (72), грозовые разряды (22) и только 6 % составляет сжигание отходов лесопиления.

Половина зафиксированных случаев лесных пожаров была обнаружена с помощью авиационного патрулирования. Остальные обнаружены наземным патрулированием, местными жителями и Информационной системой дистанционного мониторинга (ИСМД-Рослесхоз).

Обрабатывая информацию по ущербам, принесенным возгораниями, были выделены десять самых крупных лесных пожаров. В целом площадь рассматриваемых десяти пожаров заняла больше 50 % всей горелой площади за исследуемый период, а ущерб достиг 46 % от общего количества затрат при возникновении лесных пожаров.

Наибольшая площадь горения лесного массива и сумма принесенного ущерба зафиксированы в Нижне-Ентальском, Шарженгском и Кичменгском участковых лесничествах. От этих трех пожаров пострадала 1/4 площади горелых участков Кичменгско-Городецкого района, что составляет 28 % принесенного ущерба. Остальные семь анализируемых пожаров составили почти 1/3 площади и 18 % от общего ущерба пожаров за весь исследуемый период времени.

На севере и северо-западе государственного лесничества произошло по семь лесных пожаров – это максимальное количество возгораний среди участковых лесничеств. А в юго-западной и юго-восточной территориях за последние 19 лет не произошло ни одного исследуемого природного бедствия.

При совместном сотрудничестве органов государственной власти, бизнеса, природоохранных организаций, гражданского общества, совершенствовании патрулирования и преждевременном обнаружении возгораний можно сэкономить значительные суммы денежных средств федерального бюджета, которые в дальнейшем могут быть использованы для создания и развития социальной инфраструктуры Кичменгско-Городецкого района Вологодской области [6, 7].

На основании вышеизложенного сделаны основные ***выводы***:

1. На территории Кичменгско-Городецкого района за последние 19 лет произошел 41 пожар разной площади и всех типов. В большинстве случаев причинами возникновения горения были люди и грозовые разряды. Природные бедствия, в основном, обнаружены с помощью наземного и авиационного патрулирования. Общий ущерб от последствий пожаров составил 2 861 638,63 руб.

2. Самый большой лесной пожар по площади зафиксирован в 2013 году (8 га). Потери древесины на корню – 128 м^3 (679 936 руб.), стоимость работ по тушению пожара (в руб.) – 58 920,96, общая сумма ущерба – 738 857 руб.

3. Север и северо-запад – проблемные территории Кичменгско-Городецкого государственного лесничества. Они составили 34 % от всех произошедших лесных пожаров.

4. В качестве ***рекомендаций*** предлагается:

– улучшить систему патрулирования на территории проблемных участковых лесничеств;

– увеличить количество и интенсивность проведения предупредительных мероприятий по охране лесов от пожара;

– внедрить инновационные и эффективные методы информирования населения о необходимости осторожного обращения с огнем.

1. Глобальная оценка лесных ресурсов 2020 года. – URL: http://www.fao.org/forest-resources-assessment/2020/ru/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

2. Проблема лесных пожаров в Российской Федерации. – URL: http://lesdozor.ru/lesnyie-pozharyi/analitika/problema-lesnyix-pozharov-v-rf/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

3. Лесные пожары. – URL: https://wwf.ru/about/positions/lesnye-pozhary/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

4. Мелехов, И. С. Лесные пожары и борьба с ними / И. С. Мелехов // Книга по требованию. – Москва, 2018. – 80 с.

5. Об утверждении лесохозяйственного регламента Кичменгско-Городецкого лесничества Вологодской области : [Приказ Департамента лесного комплекса Вологодской области : принят 19.10.2018]. – Москва, 2018. – № 1573. – 146 с.

6. Перов, В. Н. Организация, планирование и управление в лесном хозяйстве : учебное пособие / В. Н. Перов // Санкт-Петербург : Наука, 2010. – 416 с.

7. Залесов, С. В. Охрана лесов от пожаров : пособие для лесного пожарного / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. С. Оплетаев // Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2013. – 63 с.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АГРЕГАТНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Н.А. Житова

Научный руководитель ***Л.В. Зарубина,*** *д-р с.-х. наук, доцент*

Вологодская молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина

г. Вологда

Целью нашего исследования является оценка влияния хозяйственной деятельности Устюженского лесхоза на окружающую среду в ходе использования лесов для заготовки древесины в процессе лесозаготовительной деятельности.

Контроль за соблюдением технологии лесосечных работ и их качеством осуществляется в соответствии с действующим законодательством и нормативными актами [1]. Для оценки воздействия лесозаготовительной техники на

биогеоценоз нами закладывались учетные площадки в зимнее и летнее время равномерно по всей площади лесосеки. Сбор полевых материалов проводился при естественном освещении. Оценка лесорастительных условий выполнялась с использованием шкалы Друде почвы [2, 3]. Степень поврежденности почвы определяли на пробных площадках визуально. При сильной поврежденности почвы участка могут быть назначены мероприятия по рекультивации, а при угрозе заболачивания – гидромелиорации [4].

Характеристики почвы, в т.ч. степень увлажнения, определяли путем закладки почвенных прикопок глубиной до 0,6 м на каждом из характерных элементов участка, определяемых рельефом и растительностью. Участки площадью свыше 20 га разделяют по степени увлажнения почв, если имеются части, занимающие более 10 % общей площади участка, с разной степенью увлажнения [4].

Для достижения поставленной цели по исследовательской работе заложены пробные площади на 5 лесосеках, разработка которых велась с использованием многооперационных комплексов зарубежного производства в 2018 году. По данным государственного лесного реестра до выполнения лесосечных работ насаждения были представлены лиственной и хвойной хозяйственными секциями. По происхождению это вторичные высокополнотные лиственные, елово-лиственные древостои с производительностью до 280 м^3/га.

При сортиментной заготовке харвестер выполнял валку, обрезку сучьев и раскряжевку, а форвардер – трелевку заготовленных сортиментов. Погрузочные пункты на лесосеках не обустраивались. Для этих целей использовалась придорожная оканавленная полоса для дальнейшего удобства транспортирования древесины. Средняя ширина волоков (табл. 1) одного из объектов исследования составила 4,3 м, что соответствует лесоводственным требованиям по обеспечению сохранения лесной среды. Так как длина пасечных волоков на делянке составила 500 м, можно судить, что заготовка древесины осуществлялась в зимний период при промерзшем грунте.

Таблица 1

Размеры (ширина) категорий площади лесосек

Категории площади лесосек	Размер (м) на делянках					
	1	2	3	4	5	Средние
1. Дороги	6,5	8,0	10,5	11,0	-	9,0+0,98
2. Верхний склад	44,5	48,5	51,0	49,5	-	48,4+0,98
3. Объездные волока	10,5	10,5	10,0	11,0	10,0	10,2+0,72
4. Магистральные волока	11,5	-	12,0	-	6,6	10,1+0,43
5. Пасеки:	14,6	15,8	15,0	15,3	28,9	17,9+0,67
с лесной средой	8,5	9,7	9,3	8,7	24,7	12,2+0,78
технологические коридоры	6,1	6,1	5,7	6,6	4,2	5,7+0,56
6. Протяженность	295	291	289	239	500	

Повреждаемость окраек пасек высокая. У большей части оставленных деревьев встречались такие повреждения, как окоренность, повреждение корня, безвершинность и образование трещин после деятельности лесозаготовительной техники.

Как показало наше исследование, в зоне работы валочной машиной сохранялся мелкий и частично средний подрост высотой до 1,2–1,5 м. Остальная часть, подлежащая сохранению, повреждалась или уничтожалась многооперационной техникой в процессе валки и транспортирования заготовленной древесины. Такие повреждения по обе стороны от волока вглубь на 1,5–2,0 м обеих пасек у каждой комлевой части пакетов древесины резко снижали сопротивляемость древесных растений к разрушению окраек пасек в процессе последующей трелевки древесины.

При проведении учета подроста хвойных пород нами было зафиксировано, что его количество на пасеках невелико и чаще встречается здоровый и сомнительный подрост. Большая доля приходится на мелкую и среднюю категорию крупности.

Таким образом, анализируя результаты полевых изысканий можно отметить, что без учета повышения эффективности и производительности труда модернизация комплекса лесозаготовительной техники не обеспечивает значимого увеличения площади с сохранением лесной среды. Решающим в этом деле является устройство пасечных волоков протяженностью до 500 м, разрешенное для колесных машин в эксплуатационных лесах.

Частичное нарушение живого напочвенного покрова, уплотнение почв, изменение светового режима нарушило естественное сложение лесных экосистем независимо от условий местопроизрастания. Характерные для коренных еловых, производных елово-лиственных и лиственных насаждений на средних и богатых почвах виды травяно-кустарничковой и мохово-лишайниковой растительности, такие как кислица, черника, майник двулистный, щитовник остистый, грушанка круглолистная, плеврозиум шребери, глиокомиум, дикранум, климациум древовидный и другие, уступают свое господство или как минимум снижают площадь проективного покрытия. То есть на данной категории площади лесосек уменьшается роль обычных теневыносливых видов, развивающихся под пологом сомкнутого древостоя. На их месте появляются светолюбивые растения, характерные для вырубок, гарей, изреженных древостоев. Это такие виды, как вейники наземный, ланцетолистный, иван-чай, горошек лесной, перловник поникший и другие представители травяного покрова.

В целом общей для всех объектов наблюдений закономерностью является наибольшее присутствие светолюбивых видов растений по волокам и на окрайках пасек, уменьшение их обилия внутри пасек по мере увеличения полноты древесного полога. Проникновение светолюбивых растений с волоков, где они имеют безраздельное господство, зависит от обилия их появления на данной категории площади лесосек. Чем больше размеры пасечных волоков (тех-

нологических коридоров), тем интенсивнее происходит засорение нехарактерной для чернично-кисличной группы типов леса растительностью и ее проникновение вглубь пасек. В лучшем случае светолюбивые виды интенсивно проникают на 2–3 м, в худшем – на 6–12 м.

Для комплексной оценки воздействия агрегатной техники на лесную среду на обследованных лесосеках нами составлен акт (табл. 2).

Таблица 2

Акт оценки воздействия на окружающую среду

Выявленные нарушения природной среды	Выявленные нарушения по объектам исследования				
	1 лесосека	2 лесосека	3 лесосека	4 лесосека	5 лесосека
Эрозия и уплотнение почвы, снижение плодородия	Воздействует	-	-	Воздействует	Воздействует
Нарушение гидрологических и почвенных условий, отложение осадков в водотоках, изменения в дренажном режиме рек	-	-	Воздействует	-	-
Фрагментация мест обитания красно-книжных видов флоры и фауны, изменение породного и видового состава растений и животных	Воздействует	-	-	-	-
Загрязнение почв и вод стоками, утечками ГСМ, производственными отходами и бытовым мусором	-	-	-	Воздействует	-

Чтобы снизить отрицательное влияние агрегатной техники в процессе лесозаготовок важно осуществление своевременного контроля. Рекомендуемые методы контроля для снижения внешних негативных воздействий на лесную среду:

1) первоначальные сведения берутся из данных государственного лесного реестра (таксационные описания) каждого выдела (тип леса и тип условий местопроизрастания). Их актуализация может быть выполнена в ходе работ по отводу лесосечного фонда с отражением на абрисе участков, наиболее подверженных внешним воздействиям.

2) контроль над состоянием почв в ходе лесозаготовительных работ проводится работниками лесозаготовительных компаний (мастерами лесохозяйственных участков) систематически, начиная с начала разработки лесосек (разрубка зон безопасности, волоков и т.д.) и заканчивая вывозкой древесины.

1. Дружинин, Ф. Н. Методология исследований лесных экосистем / Ф. Н. Дружинин, Е. Н. Пилипко. – Вологда–Молочное, 2019. – 112 с.

2. Практическое руководство по организации, технологии и оценке качества лесосечных работ при заготовке древесины / Ф. Н. Дружинин, Н. А. Дружинин, Ю. И. Макаров [и др.]. – Вологда, 2018. – 122 с.

3. Савченкова, В. А. Комплексная оценка лесовозобновления на вырубках и проектирование лесовосстановительных работ / В. А. Савченкова. – Москва : Академия естествознания, 2014. – 171 с.

4. Методические указания по планированию, проектированию, приемке, инвентаризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению. – Москва : ВНИИЛМ, 2011. – 98 с.

ЭКОЛОГО-МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ВУЗА

М.А. Иванова

Научный руководитель ***А.М. Антонов****, канд. с.-х. наук, доцент*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

г. Архангельск

Озеленение непосредственно влияет на интерьер помещения, обогащает художественную выразительность его внутреннего пространства, улучшает его функциональную организацию, выполняет эстетические и утилитарные функции [1]. В современном мире вопрос улучшения качества здоровья обучающихся и преподавателей вуза становится наиболее актуальным, в связи с чем поддержание оптимальных микроэкологических условий в учебных помещениях должно рассматриваться как важнейший показатель обеспечения профилактических мер и сохранения физического здоровья.

Целью работы является изучение эколого-медицинских аспектов озеленения учебной аудитории университета.

К задачам настоящего исследования относятся: изучение методик вертикального озеленения, применяемых в России, и оценка микроклиматических параметров и освещенности учебной аудитории в Вологодском государственном университете.

К методам, с помощью которых была проведена данная работа, относятся эмпирический, изучение и анализ источников информации по исследуемой проблеме, а также проведение исследования микроклиматических параметров и освещенности помещения.

Озеленение учебных помещений призвано решить такие задачи, как санирование и улучшение микроклимата, включая в себя снижение запыленности и смягчение шума, а также создание благоприятной психологической об-

становки. В небольших помещениях целесообразно применять вертикальное озеленение, в том числе создание зеленых стен [1].

Вертикальное озеленение – один из креативных и нетрадиционных методов эко-дизайна, который приобретает все большую популярность при оформлении помещений в России [2]. Фитодизайн как научное направление возник в СССР в конце 70-х годов XX века [3]. Теоретическое обоснование фитодизайн получил в работах А.М. Гродзинского, его коллег и последователей [3]. К видам, которые больше всего подходят для офисных и учебных помещений, относят: плюмбаго, аспидистра, хлорофитум хохлатый, роициссус ромбический, кодиеум, офиопогон японский, хамедорея, аукуба, традесканция, кливия оранжевая, хойя, гибискус, куркулиго, пеларгония, фатсия, филодендрон лазающий и краснеющий, плющ обыкновенный, сансевиера, зебрина, молочай воловий и другие [1].

Среди используемых методов вертикального озеленения чаще всего встречаются выполненные исключительно из живых растений: фитостены, перегородки и ширмы, колонны и рамы, фитостенды, картины и панно, подвесные сады в кашпо [2]. К тому же с целью предупреждения снижения инсоляции помещений, в учебных заведениях запрещено размещать растения, например, на подоконниках [4].

Непосредственно изучая и заботясь о растениях в учебной аудитории, у студентов будет формироваться бережное отношение к своему здоровью, уважение к миру растений, а также воспитание экологического мировоззрения в целом.

Многие исследователи сходятся во мнении, что фармакологическая активность фитонцидов, выделяемых высшими растениями, позволяет не только улучшать среду обитания человека, но и быстро восстанавливать работоспособность и бороться с усталостью. Летучие фитоорганические вещества многих видов растений могут оказывать положительное влияние на условно-патогенную и патогенную микрофлору воздуха. Такие вещества способны осуществлять профилактический эффект инфекционных заболеваний человека, что особенно актуально во время обучения. К тому же достаточное количество растений в аудитории является естественным заменителем медицинских бактерицидных рециркуляторов воздуха.

К настоящему времени накоплено достаточно много экспериментальных данных различных исследователей по антифунгальной, антимикробной и антивирусной активности веществ, выделяемых высшими растениями в связи с широким применением их в практической деятельности [4].

Обычно для стандартных университетских кабинетов характерны низкая влажность воздуха (особенно в зимнее время, что связано, в основном, с отопительным сезоном) и довольно высокое содержание микроорганизмов в воздухе. В связи с этим необходимо увеличить влажность воздуха. И растения непосредственно справляются с данной задачей.

Объектом изучения выбрана аудитория 256 учебного корпуса № 1 на ул. Галкинская, д. 3. Характеристики помещения позволяют оценить его микроклиматические параметры и освещенность (табл.).

Таблица

Микроклиматические параметры аудитории 256 учебного корпуса № 1

Площадь, кв.м	Количество отопительных приборов, шт.	Площадь поверхности отопительных приборов, кв.м.	Количество окон	Площадь окон, кв.м.	Ориентация окон	Температура в помещении, °С	Влажность воздуха в помещении, %	Освещенность помещения, Лк	Скорость движения воздуха, м/с
50	4	1,57	2	4,18	восток	23	82	80	0,1

Согласно данным микроклиматических параметров, аудитория 256 учебного корпуса № 1 характеризуется удовлетворительной температурой, немного повышенным показателем влажности, а освещенность помещения в 3–4 раза ниже освещенности, принятой по нормативам для учебной аудитории.

В результате исследования можно сделать вывод о том, что внедрение разработанного проекта вертикального озеленения в учебном помещении Вологодского государственного университета позволит улучшить эколого-гигиенические показатели влажности воздуха, микробиологические показатели состояния воздушной среды и оптимизирует уровни активности организма обучающихся и преподавателей. В современных условиях озеленение внутренних помещений является одним из естественных и экологически безопасных методов благоустройства и оздоровления учебных аудиторий. Дальнейшая работа авторов будет посвящена разработке методики экологического фитодизайна, проведения дальнейшего мониторинга гигиенических и климатических параметров выбранной аудитории и подготовка проекта вертикального озеленения.

1. Келер, В. В. Озеленение интерьеров и эксплуатируемых кровель : методеские указания по организации и проведению учебной практики / В. В. Келер. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2018. – 78 с.

2. Бюро фитодизайна Фикус. – URL: https://ficus-design.ru/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

3. Ткаченко, К. Г. Медицинский фитодизайн – использование растений для санации помещений и профилактики инфекционных заболеваний / К. Г. Ткаченко, Н. В. Казаринова // Научные Ведомости Белгородского государственного университета. – 2008. – № 6 (46). – С. 79–85.

4. Вертикальные лечебные сады. – URL: https://verticalsad.ru/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ВЫТЕГОРСКОМ РАЙОНЕ

Т.Ч. Козак
Научный руководитель ***А.С. Новосёлов****, канд. с.-х. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Введение. В настоящее время лесные экосистемы выступают одним из главных механизмов, поддерживающих и восстанавливающих условия жизни на Земле. При этом самые серьёзные негативные последствия на биосферу оказывают пожары, которые не только уничтожают лес, но и выбрасывают в атмосферу огромное количество углекислого газа, усиливая тем самым «парниковый эффект». В результате нарушаются многие функции леса и уничтожаются запасы древесины. Лесными пожарами уничтожается древесная растительность, создаются благоприятные условия для расселения вредных насекомых и появления грибковых заболеваний [1].

Цель исследования – провести экологическую оценку состояния древостоев после низовых пожаров на примере двух объектов на территории Вытегорского района Вологодской области.

Для достижения цели были решены следующие ***задачи***:

1) изучены имеющиеся сведения по горельникам и подобраны контрольные площадки;

2) проанализированы отчётные материалы по фактам возгораний лесов на изучаемой территории;

3) проведен анализ таксационной характеристики древостоев, а также деревьев по категориям жизненного состояния и двухсантиметровым ступеням толщины.

Описание объектов исследования. Вытегорское лесничество Департамента лесного комплекса Вологодской области расположено в северо-западной части Вологодской области на территории Вытегорского муниципального района. Протяженность территории лесничества с севера на юг составляет 125, с запада на восток – 135 км. На севере лесничество граничит с Республикой Карелия, на востоке – с Архангельской областью и Кирилловским лесничеством, на юге – с Бабаевским, Белозерским и Вашкинским лесничествами, на западе – с Ленинградской областью. Общая площадь земель лесного фонда лесничества на 01.01.2018 составляет 327 564 га, что соответствует 82 % от земельного фонда района [2].

Административный центр Вытегорского государственного лесничества – город Вытегра, который расположен в 324 км от Вологды. В состав государственного лесничества входят двадцать четыре участковых лесничества, четыре из которых разделены на участки – колхозы и акционерные общества (АО) [2].

Характеристика первого объекта возгорания: горельник расположен в Рубежском и Белоручейском участковых лесничествах; кв. № 50, выд. 1 и кв. 118, выд. 17. 01 июля 2016 года в «8:25» был обнаружен лесной пожар, на расстоянии 4 км от поселка Волоков Мост Вытегорского района. Арендатор – АО «Белый Ручей». Лесной пожар был ликвидирован в «19:30» работниками Вытегорского лесхоза-филиала САУ л/х ВО «Вологдалесхоз».

Характеристика второго места пожара: горельник расположен в Вытегорском сельском участковом лесничестве колхоз «Волго-Балт»; свободный от аренды квартал № 22, выдел 10. 30 июля 2018 года в «7:00» был обнаружен лесной пожар, на расстоянии 5 км от поселка Белоусово Анхимовского сельского поселения Вытегорского района. Лесной пожар был ликвидирован в «23:30».

Методика исследования. На горельниках учитывалась степень обгорания леса, состояние подроста и надпочвенного покрова [3]. Проводились морфометрические измерения деревьев и по традиционной методике исчислялись таксационные показатели древостоев [4].

К каждому объекту исследования были подобраны по одной контрольной площади с аналогичным типом леса для проведения сравнения состояния древостоя. По таксационным диаметрам: среди сильно ослабленных деревьев на изученных объектах схожие значения (в среднем 15 см), кроме контрольной древостоя вблизи второго горельника (10 см). Здоровые деревья присутствуют только на контрольных пробных площадях (15 и 11 см соответственно).

По *таксационной характеристике лесных объектов* нужно отметить отсутствие запаса сухостоя в контрольных древостоях, распределение запаса сырорастущих деревьев в горельниках и их контрольных объектах одинаково.

Первый объект не имеет сильного разграничения по густоте, абсолютной и относительной полноте со своей контрольной площадкой; древостой состоит исключительно из сосновых деревьев. Второй объект отличается по составу древостоя от рядом расположенного контроля из-за отсутствия сосны, при этом ель и берёза присутствуют на обоих объектах исследования.

Выполнены процентные распределения деревьев по категориям жизненного состояния для каждой пробной площади. Так, в горельниках деревья по категориям жизненного состояния значительно отличаются. На первом объекте большую часть занимает свежий сухостой (35 %), далее ему уступает старый сухостой (22 %) и сильно ослабленные деревья (22 %). На втором объекте сильно ослабленные деревья занимают ровно половину от всего запаса, за ним свежий сухостой (32 %). На обоих горельниках в равной степени присутствуют аварийные деревья (в среднем 6 %). Тем не менее в контрольных древостоях практически идентичное соотношение деревьев по экологическому состоянию с преобладанием здоровых деревьев (в среднем 35 %), ослабленных (в среднем 25 %) и сильно ослабленных (в среднем 30 %).

По полученным данным распределения живых деревьев по ступеням толщины следует заключить, что на объекте в Вытегорском сельском участковом лесничестве и его контроле идентичное распределение древостоя, близкое к нормальным показателям с наибольшим количеством деревьев в ступени в 14 и 13 см соответственно.

Деревья в горельнике на пересечении Рубежского и Белоручейского участковых лесничеств по ступеням толщины заметно отличаются от контрольного древостоя. В первом случае наблюдается равномерное соотношение деревьев с резким падением на ступени 20. На контроле резкие подъемы и падения в соотношении древостоя по ступеням. Подъемы на 11, 13 и 17, падения на 15, 19, 21 и 23 ступенях.

По сказанному выше нужно сделать следующее **выводы**:

1) Горельник 2016 года имеет схожие диаметры со своим контролем только среди ослабленных деревьев, по таксационной характеристике у обоих объектов схожие показатели по всем критериям, кроме отсутствующего сухостоя на контроле. Более половины деревьев в горельнике относятся к сухостойным, а на контроле здоровые, ослабленные и сильно ослабленные деревья распределены равномерно.

2) Объект пожара 2018 года не имеет схожих диаметров со своим контролем по всем категориям жизненного состояния древостоя, по таксационной характеристике у объектов разный породный состав древостоя из-за отсутствия сосны на горельнике, отсутствует сухостой у контроля. Одна половина деревьев относятся к сухостою, а другая – к сильно ослабленным деревьям в горельнике. На контроле здоровые, ослабленные и сильно ослабленные деревья распределены равномерно.

3) По полученным данным распределения деревьев по ступеням толщины отмечено, что горельник 2018 года имеет показатели близкие к нормальному распределению, в отличие от объекта пожара, произошедшего в 2016 году. Это можно объяснить большим промежутком времени стресса у деревьев с момента прохождения территории пожаром на первом объекте.

1. Шубин, Д. А. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края : монография / Д. А. Шубин, С. В. Залесов. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. – 127 с.

2. Лесохозяйственный регламент Вытегорского лесничества на территории Вологодской области : Приложение к приказу Департамента лесного комплекса области от 29.09.2018 № 1616 // Департамент лесного комплекса. – 2018. – 29 сентября. – 139 с.

3. О Правилах санитарной безопасности в лесах : Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 N 607. – 14 с.

4. Третьяков, С. В. Полевой лесотаксационный справочник : научное издание / С. В. Третьяков, С. В. Ярославцев, С. В. Коптев – Архангельск : САФУ, 2016. – 245 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Н.О. Коршунова
Научный руководитель ***Е.А. Тимофеева****, канд. биол. наук, доцент*
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
г. Москва

Воздушный транспорт играет важную роль в мировой коммуникации [19]. Несмотря на сокращение объема авиаперевозок из-за пандемии, вызванной COVID-19, эксперты подчеркивают стремление всех стран к восстановлению прежних экономических моделей воздушного сообщения и к возобновлению массовых авиаперевозок [22].

Согласно концепции чистого самолета [1], необходимым условием для обеспечения безопасности полета является удаление с поверхностей самолета загрязнений, в т.ч. снежно-ледяных отложений. Эффективным и широко применяемым способом борьбы с обледенением является противообледенительная обработка воздушных судов с применением противообледенительных жидкостей (ПОЖ) на основе гликолей (50–88 %) [1, 15]. В аэропорту среднего размера за год применяется несколько миллионов литров ПОЖ [14].

В состав ПОЖ входят этиленгликоль, пропиленгликоль или диэтиленгликоль (реже) [5], а также антикоррозийные присадки, антипенные присадки, загустители, смачивающие агенты, красители [14]. Этиленгликоль и некоторые добавки, например ингибиторы коррозии, являются токсичными [15]. В составе отработанных ПОЖ также присутствуют катионы металлов, примеси нефтепродуктов, механические примеси [14]. Сток ПОЖ относится к третьему классу опасности.

Во время обработки авиатранспорта происходят потери ПОЖ от 20 до 60 % по оценкам зарубежных авторов [13], и до 80% по оценкам российских исследователей [18, 21].

По данным Кашаповой Н.Е. с соавторами [16], концентрация гликоля в сточных водах может варьироваться в диапазоне от 2000 до 300000 ppm (частей на миллион). При этом не во всех аэропортах налажена система сбора стока ПОЖ, что приводит к ее проникновению в почвенно-грунтовые воды [11]. Так, French H.K. с соавторами [12], изучавшими просачивание ПОЖ в почву, отметили обнаружение компонентов ПОЖ на глубине 2,4 м.

Вопросы воздействия ПОЖ и ее компонентов на окружающую среду недостаточно изучены и слабо освещены, особенно в русскоязычной литературе, что обуславливает актуальность настоящей работы.

Целью работы являлось определение содержания ряда элементов в отработанной противообледенительной жидкости (ПОЖ) и оценка потенциальной экологической опасности для окружающей среды.

В качестве объекта исследования использовалась отработанная противообледенительная жидкость, предоставленная АО «Комбинат экологического обслуживания». Содержание гликолей в отработанных ПОЖ составило около 10 %.

Для определения содержания металлов в отработанной ПОЖ использовался метод оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES), результаты приведены в таблице.

Таблица

Содержание элементов в отработанной ПОЖ, мг/л

Al	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Si	Sr	Zn
0,37	0,12	72,1	0,05	0,70	168,4	17,80	0,14	504,6	81,7	11,9	7,75	0,37	0,92

Исходя из полученных данных, представленных в таблице, можно предположить, что потенциальную экологическую опасность от поступления ПОЖ в окружающую среду могут представлять элементы, содержание которых превышает природный уровень их поступления.

Калий и фосфор являются элементами питания. Обычно содержание калия в природных водах не превышает 20 мг/л [10], содержание фосфора находиться в диапазоне 0,02 до 0,40 мг/л [9]. Избыток фосфора в водоемах может приводить к эвтрофикации. Содержание натрия в речных водах от 0,6 до 300 мг/л [6]. При избытке данных компонентов возможно повышение минерализации водоемов, засоление и/или осолонцевание почв.

Алюминий, цинк, медь и марганец в повышенных концентрациях могут оказывать токсичное действие на гидробионтов. В речных водах содержание алюминия составляет 0,02–0,03 мг/л [20], содержание цинка – от единиц до сотен мкг/л [8], содержание меди – обычно менее 10 мкг/л [7], содержание марганца – до сотен мкг/л [17].

Возможно, поступление данных элементов в ПОЖ связано со следующими источниками: сплавы – для Al, Zn, Cu и Mn (в меньшей степени) [24, 25], шины – для Zn и Cu [2], противоизносные присадки для авиационного топлива – для Zn [23], антикоррозионные присадки – для P и S [23], противогололедные реагенты – для K и Na.

Таким образом, возможно потенциальное негативное воздействие ПОЖ на окружающую среду, которое требует дальнейшего исследования, в том

числе из-за возможных рисков поступления различных элементов – компонентов отработанных ПОЖ.

Благодарности: АО «Комбинат экологического обслуживания» за предоставление противообледенительной жидкости.

1. ГОСТ Р 54264-2010. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Методы и процедуры противообледенительной обработки самолетов. Общие требования. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

2. ГОСТ Р 54095-2010 Ресурсосбережение. Требования к экобезопасной утилизации отработавших шин. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

3. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

4. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года) : Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

5. Перечень противообледенительных жидкостей (ПОЖ), допущенных к применению для защиты от наземного обледенения ВС ГА в осенне-зимний период 2019–2020 гг. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / Компания «КонсультантПлюс» (дата обращения: 22.12.2020).

6. РД 52.24.365-95. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации натрия в водах потенциометрическим методом ионселективным электродом. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293835/4293835570.htm (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

7. РД 52.24.371-95. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации меди, свинца и кадмия в поверхностных водах суши инверсионным вольтамперометрическим методом. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837303.pdf (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

8. РД 52.24.373-95. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации цинка в поверхностных водах суши инверси-

онным вольтамперометрическим методом. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837317.htm (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

9. РД 52.24.387-2006. Массовая концентрация фосфора общего в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия. – URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/391265/ (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

10. РД 52.24.391-95. Методические указания методика выполнения измерений массовой концентрации натрия и калия в поверхностных водах суши пламенно-фотометрическим методом. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837376.htm (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

11. Breedveld, G. D. Persistence of the de-icing additive benzotriazole at an abandoned airport / Breedveld G. D., Roseth R., Sparrevik M. // Water, Air, and Soil Pollution: Focus 3. 2003. P. 91–101.

12. French, H. K. Transport and degradation of proryleneglycol and potassium acetate in the unsaturated zone / French H.K., Van der Zee S.E.A.T.M. Leijnse A. // Journal of Contaminant Hydrology. 2001. – № 49. – P. 23–48.

13. Jaesche, P. Transport and anaerobic biodegradation of propylene glycol in gravel-rich soil materials / Jaesche P., Totsche K.U., Kögel-Knabner I. // Journal of Contaminant Hydrology. – 2006. – № 85. – P. 271–286.

14. Утилизация отработанных противообледенительных жидкостей с использованием цеолитов / Бузаева М. В., Шарапова А. В., Климов Е. С., Наместникова О. В. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2013. – № 4. – С. 10–12.

15. Влияние ингибиторов коррозии и ПАВ на токсикологические свойства противообледенительных жидкостей / Кашапова Н. Е., Башкирцева Н. Ю., Овчинникова Ю. С. [и др.] // Вестник технологического университета. 2015. – Т.18, № 5. – С. 221–223.

16. Воздействие гликолей в составе противообледенительных жидкостей на окружающую среду / Кашапова Н. Е., Башкирцева Н. Ю., Овчинникова Ю. С. [и др.] // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 5. – С. 209–212.

17. Морозов, С. В. Марганец в питьевой воде : Аналитичесчкий Обзор / Морозов С. В., Кузубова Л. И. ; ГПНТБ СО АН СССР ; Новосибирский институт органической химии. – Новосибирск, 1991. – 68 с.

18. Плахотникова, М. А. Площадка для сбора противообледенительной жидкости в аэропорту «Емельяново» / Плахотникова М. А., Серебренникова Ю. Г., Лысянников А. В., Кайзер Ю. Ф. // Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. – Вып. 5, ч. 2. – С. 106–113.

19. Прусова, В. И. Роль транспортного комплекса в экономике РФ / Прусова В. И., Безновская В. В., Прозументова В. В. // Экономика и бизнес: теория

и практика. – 2017. – № 4-1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-transportnogo-kompleksa-v-ekonomike-rf (дата обращения: 29.10.2020).

20. Соколова, Т. А. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе / Соколова Т. А., Толпешта И. И., Трофимов С. Я. – Тула : Гриф и К, 2012. – 124 с.

21. Солтанов, С. Х. Экологические последствия применения противообледенительных жидкостей «OCTAFLO EG» и «MAXFLIGHT 04» при обработке воздушных судов гражданской авиации в осенне-зимний период / С. Х. Солтанов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. – № 6 (48). – Ч. 2. – С. 140–143.

22. Ячменникова, Н. Зал ожидания. Когда и на чем полетим после пандемии / Ячменникова, Н. // Российская газета – Федеральный выпуск № 102 (8156). – URL: https://rg.ru/2020/05/13/kogda-i-na-chem-poletim-posle-pandemii.html (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

23. Понятие присадки. – URL: http://proofoil.ru/Oilchemistry/fuelproperty15.html (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

24. Авиация и космос. – URL: http://www.aluminas.ru/sectors/aviation_and_space/ (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

25. Сплав AW-7075 - 3.4365. – URL: https://emk24.ru/wiki/alyuminiy_i_ego_splavy/splav_aw_7075_3_4365_4370959 (дата обращения: 31.10.2020). – Текст : электронный.

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕРЕВЬЕВ – ПАМЯТНИКОВ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ В Г. МОСКВЕ

Б.А. Кузнецов

Научный руководитель ***Д.Е. Румянцев****, д-р биол. наук, профессор*

Мытищинский филиал

Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана

г. Мытищи

В городской среде условия произрастания древесных растений являются экстремальными. В основном это связано с антропогенным фактором, который отображается в загрязнении окружающей атмосферного воздуха, изменении климата, а также воздушного и водного режима почв, высокой вероятности механических повреждений самого дерева, уплотнении почвы, в результате чего понижается внутренний сток при выпадении атмосферных осадков, неверном исполнении ухода за зелёной растительностью.

Основной породой, рассматриваемой в данной работе, является дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), использовались также хронологии вяза гладкого

(*Ulmus laevis* Pall.) Целью работы было исследование динамики радиального прироста старовозрастных деревьев, произрастающих на территории Москвы и Московской области. Актуальность выполненного исследования связана необходимостью в сохранении и обеспечении должного ухода за старовозрастными деревьями как объектами культурного и исторического наследия, а также представляет ценность для задач анализа динамики экологической обстановки в одном из крупнейших мегаполисов мира. Методические принципы выполненной работы раскрыты в работе научного руководителя [3].

В основу данного этапа работ был положен анализ распределения экстремально широких и экстремально узких годичных колец. При анализе распределения лет экстремумов радиального прироста, у разных деревьев – памятников природы, произрастающих на территории Москвы, возможно выделить общие черты в развитии. Данные анализа приведены в таблице. Локальные максимумы прироста говорят о благоприятных условиях для протекания процессов первичного метаболизма в организме дерева. Наличие локальных минимумов и, в особенности, годы общих локальных минимумов прироста являются надёжным индикатором воздействия стрессовых условий экологической сред.

Таблица

Распределение лет локальных максимумов и минимумов прироста у исследованных деревьев – памятников природы

Номер дерева в реестре	Вид	Локальные минимумы прироста	Локальные максимумы прироста
307	Дуб черешчатый	1917, 1921, 1929, 1940, 1955, 1975, 1985, 2005, 2007, 2010, 2014	1900, 1906, 1926, 1943, 1981, 1984, 1990, 2003, 2006, 2011
501	Вяз гладкий	1928, 1935, 1941, 1945, 1950, 1955, 1965, 1973, 1980, 1992, 1998, 2016	1907, 1921, 1932, 1937, 1943, 1966, 1978, 1988, 1994
558	Дуб черешчатый	1888, 1896, 1904, 1916, 1928, 1951	1894, 1898, 1906, 1925, 1953, 1974
597	Дуб черешчатый	1915, 1955	1929, 1966, 1988
598	Дуб черешчатый	1930, 1941, 1955, 1965, 1990, 2008, 2016	1935, 1960, 1981, 1998, 2013
661	Дуб черешчатый	1940, 1965, 1998, 2013	1906, 1946, 1984, 1994, 2009

Анализ данных таблицы выполнялся следующим образом: выявлялись годы локальных экстремумов прироста, присутствующие в хронологиях минимум трех учетных деревьев. Для локальных минимумов прироста к таким

годам относится 1955 (4 дерева) и 1965 (3 дерева). Для локальных максимумов прироста к таким годам относится 1906 (3 дерева).

Согласно данным обзора, выполненного Д.А. Беловым [1], было выявлено, что вспышки численности непарного шелкопряда (1957–1958) никак не сказались на формировании локальных минимумов прироста, локальный минимум 1955 г. имеет скорее всего климатический характер.

В 1965 году это могла быть вспышка численности листовертки, но с учетом того, что динамика численности зеленой дубовой листовёртки климатозависима, дендроклиматический анализ условий этого года оправдан.

Анализ условий 1955, 1965 и 1906 годов мы выполнили методом климаграмм, который широко применяется в современной дендрохронологии (рис. 1, 2) [3]. В нашей работе были использованы данные по метеостанции г. Москвы. Расположение метеорологической станции в Москве (город Москва, Россия): широта 55.83, долгота 37.62, высота над уровнем моря 156 м. Источником данных многолетних наблюдений послужил электронный ресурс [2].

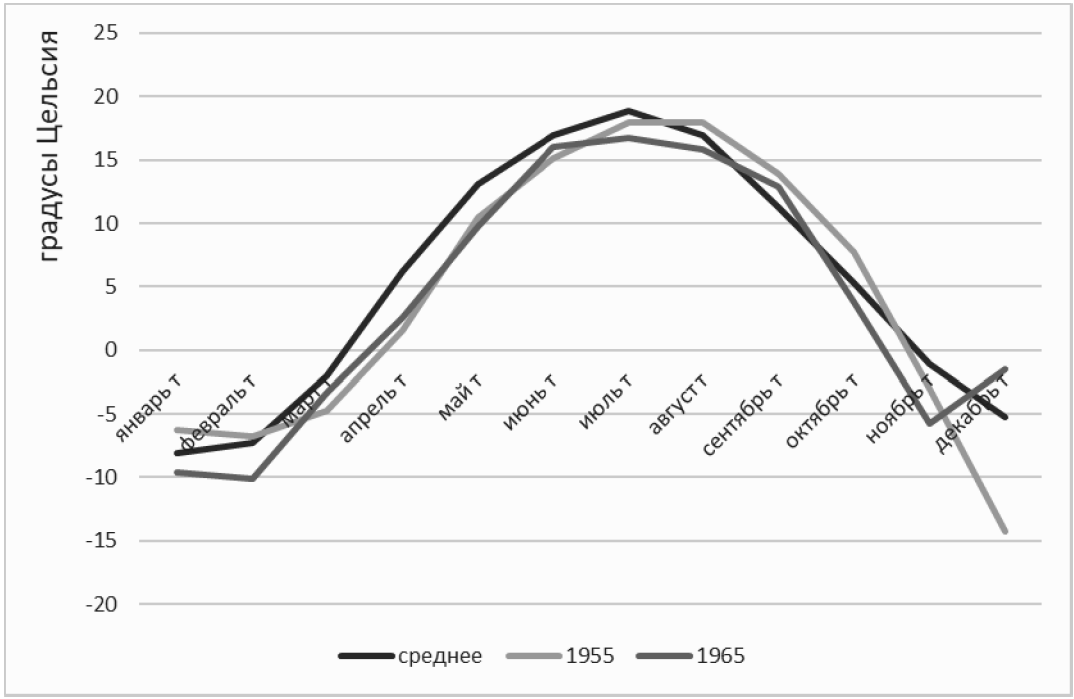


Рис. 1. Распределение средних месячных температур в отдельные годы (1955, 1965) в сравнении со среднемноголетними показателями

Анализ климаграмм показывает сильное отличие погодного режима 1955 и 1965 года по параметрам температуры в начале вегетационного сезона (апрель, май, июнь). Холодная погода в начале вегетационного сезона отрицательно сказывается на последующем росте.

Рис. 2. Распределение средних месячных температур в отдельные годы (1906) в сравнении со среднемноголетними показателями

Для 1906 года просматривается четкое отличие от среднемноголетних показателей по признаку температуры мая. Теплый май поспособствовал хорошему росту в течение последующей вегетации. Это совпадает с результатами анализа минимумов прироста.

Подводя итог исследованию, можно сделать следующие выводы.

1. Установлено, что для хорошего и плохого роста учетных деревьев как совокупности значим температурный режим в начале вегетации. Особенно четко проявляется положительное влияние на рост повышенных температур мая. Следует учесть, что в условиях Москвы вегетация дуба черешчатого начинается в среднем 3 мая. В этот период происходит формирование деревьями ассимиляционной поверхности и от успешности хода этого процесса зависит интенсивность фотосинтеза в течение вегетации и, в конечном итоге, ширина формируемого деревом годичного кольца.

2. Известные для Москвы вспышки численности непарного шелкопряда практически не отразились на росте исследуемых деревьев.

1. Белов, Д. А. Вспышка массового размножения непарного шелкопряда в условиях Москвы / Д. А. Белов. – URL: http://belovy-da-i-nk.narod.ru/publik/1998/1998-2.htm (дата обращения: 09.05.2020). – Текст : электронный.

2. Погода и климат. – URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm (дата обращения: 09.05.2020). – Текст : электронный.

3. Румянцев, Д. Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии / Д. Е. Румянцев. – Москва : МГУЛ, 2010. – 107 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ»)

Э.С. Кузнецова
Научный руководитель ***Н.Н. Яшалова****, д-р экон. наук, доцент*
Череповецкий государственный университет
г. Череповец

Металлургическая отрасль занимает второе место среди всех других отраслей промышленности по атмосферным выбросам. Природоохранная деятельность металлургических компаний является одним из важных направлений их деятельности, поскольку по эффективности внедрения природоохранных инвестиционных проектов можно делать вывод об ответственности компании за окружающую среду. Принимая на себя риск загрязнения окружающей среды, предприятию необходимо помнить и о главной цели его деятельности, включая максимизацию прибыли. Исходя из этого и возникает острая необходимость металлургических компаний в повышении экономической эффективности природоохранных инвестиционных проектов.

Экономическая эффективность заключается в соотношении результата (эффекта) и понесенных затрат для получения данного результата. Если величина полученного результата будет больше затрат, то экономический эффект от реализации инвестиционного проекта будет высоким, и наоборот.

Ежегодно ПАО «Северсталь» инвестирует часть денежных средств в реализацию природоохранных проектов. За период с 2017 г. по 2020 г. компания вложила 13,8 млрд руб. в организацию природоохранных мероприятий. На рисунке представлена динамика затрат на природоохранную деятельность за 2017–2020 гг.

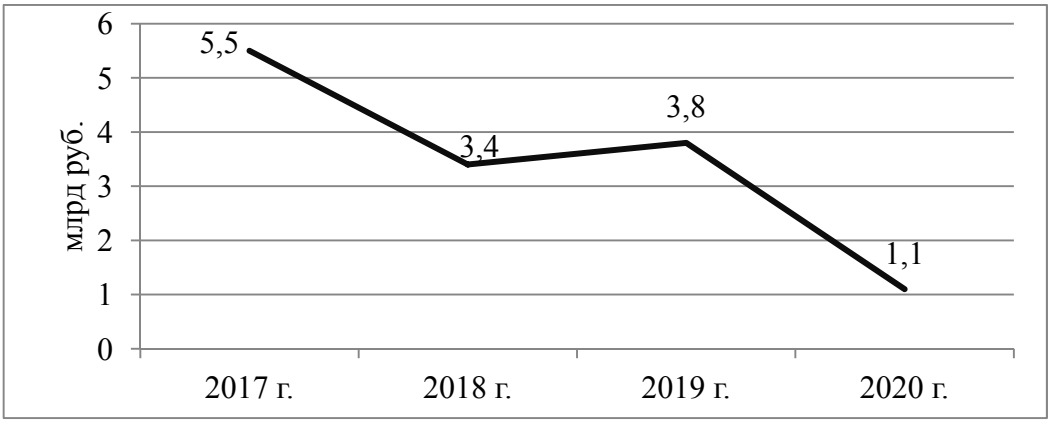


Рис. Затраты на природоохранную деятельность ПАО «Северсталь» за 2017–2020 гг., млрд руб.

Исходя из рисунка, можно сделать вывод о том, что ПАО «Северсталь» значительно сокращает объемы затрат на природоохранную деятельность, что

является негативным фактором. Данная динамика может быть связана с уменьшением чистой прибыли предприятия. Резкое снижение затрат на природоохранную деятельность в 2020 г. связано также с распространением коронавирусной инфекции. Следовательно, экономическая эффективность природоохранных инвестиционных проектов снижается. Согласно стратегии ПАО «Северсталь» предприятие планирует к 2025 г. достигнуть таких результатов, как: снижение массы сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты на 12 %; снижение массы размещаемых отходов на 20 %; снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ на 13 %. Исходя из этого, можно предположить, что в дальнейшем металлургическое предприятие будет увеличивать затраты в природоохранные инвестиционные проекты [2].

За 2018–2019 гг. предприятие реализовало ряд природоохранных мероприятий в своих подразделениях: АО «Северсталь Дистрибуция», «Северсталь Метиз», АО «Воркутауголь», АО «Олкон», АО «Карельский окатыш» [4].

К повышению экономической эффективности природоохранных инвестиционных проектов для металлургической отрасли можно отнести следующие инструменты:

- финансирование экологических мероприятий из средств бюджета;
- концессионное соглашение;
- экологическое страхование.

Финансирование экологических мероприятий из средств бюджета позволит снизить затраты компании на природоохранную деятельность, оставляя при этом за собой возможность проводить дополнительные мероприятия за счет собственных средств, тем самым увеличивая экономический эффект природоохранных мероприятий. Данный инструмент может быть закреплен законодательной властью.

Концессионное соглашение представляет собой договор взаимовыгодного соглашения между государством и частным сектором, т.е. металлургическое предприятие может заключить некую сделку с государством, при которой обе стороны будут иметь выгоду. К примеру, государство может взять на себя реализацию природоохранных проектов металлургического предприятия, которое, в свою очередь, может представить выгодные условия государственных закупок металлургической продукции. Такой вид сотрудничества позволит сократить издержки предприятия на природоохранные инвестиционные проекты и, следовательно, повысить их экономическую эффективность.

Экологическое страхование предполагает перенос на страховую организацию экологических рисков предприятия. В таком случае, согласно Федеральному закону от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 31.07.2020 г.) «Об охране окружающей среды», организация может застраховать свои имущественные интересы от экологических рисков, тем самым создать некую «подушку безопасности» при планировании и реализации тех или иных природоохранных

инвестиционных проектов, уменьшая риск снижения экономической эффективности [1].

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что ПАО «Северсталь», как и другие металлургические компании, имеет возможность увеличить экономическую эффективность природоохранных инвестиционных проектов за счет вышеуказанных внешних инструментов. Разумеется, повысить экономическую эффективность можно и другими способами. К таким способам можно отнести более внутренние аспекты деятельности предприятия. Другими словами, в предыдущих инструментах повышения экономической эффективности природоохранных инвестиционных проектов были рассмотрены варианты снижения издержек, а в других инструментах могут быть рассмотрены пути увеличения экономического эффекта. К таким инструментам могут быть отнесены:

− использование новейших технологий в природоохранной сфере;

− применение мирового научного опыта в сфере охраны окружающей среды, подразумевающее также постоянный мониторинг экологических инноваций в металлургическом производстве и в других смежных отраслях;

− увеличение доли в структуре прибыли на реализацию природоохранных мероприятий.

Вышеуказанные инструменты внутреннего повышения экономической эффективности природоохранных инвестиционных проектов являются универсальными для любого производства. ПАО «Северсталь» в своей деятельности наиболее активно использует внутренние инструменты повышения экономической эффективности природоохранных инвестиционных проектов [3].

Таким образом, можно заключить, что деятельность металлургических предприятий в природоохранной сфере несколько ограничена и, поскольку не является приоритетной, то развивается достаточно медленно. Однако руководители таких компаний не могут игнорировать наносимый ущерб экологии и вынуждены инвестировать в природоохранные проекты. Используя инструменты повышения экономической эффективности природоохранных инвестиционных проектов, предприятия могут не только снижать вред, причиненный окружающей среде, но и извлекать экономическую выгоду [5].

1. Об охране окружающей среды : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (редакция от 31.07.2020). – URL**:** http://www.consultant.ru (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

2. ПАО Северсталь : официальный сайт. – URL: https://www.severstal.com (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

3. Бардаханова, Т. Б. О механизме управления экологически ориентированными инвестиционными проектами / Т. Б. Бардаханова, З. С. Ерёмко, Т. М. Бальжанова // Бизнес. Образование. Право. – 2019. – №4 (49) – С. 75–80. –

URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41295008 (дата обращения: 22.12.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

4. Металл.life : официальный сайт. – URL: https://metall.life/news/1252 (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

5. Яшалова, Н. Н. Специфика анализа природоохранных инвестиций в рамках проблемы экологизации национальной экономики [Текст] / Н. Н. Яшалова, Д. А. Рубан // Финансовая аналитика: проблемы и решения, 2016. – № 35. – С. 2–12.

ОЦЕНКА РОЛИ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В ЭКОНОМИКЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием для ФГБУН «Вологодский научный центр РАН» по теме НИР № 0168-2019-0004 «Совершенствование механизмов развития и эффективного использования потенциала социально-экономических систем»

М.А. Лебедева
Научный руководитель ***С.А. Кожевников****, канд. экон. наук*
Вологодский научный центр Российской академии наук
г. Вологда

С быстрым распространением в мире идеи устойчивого развития – основной парадигмы управления экономикой в XX веке – стало необходимо рассматривать в качестве целостного объекта управления природно-хозяйственную систему (ПХС) крупных регионов [1–4].

В данном исследовании *природно-хозяйственная система* будет рассматриваться в рамках системного подхода через взаимодействие природы и хозяйства, а под *природно-хозяйственной системой будет пониматься географически локальная, открытая система взаимодействия природы и хозяйства, осуществляемого через обмен веществом и энергией.*

Роль ПХС состоит в частичном удовлетворении потребностей населения, стимулировании изменения качества экономического роста («зеленый» рост), содействии сохранению целостности природных систем и их восстановлению. *Поэтому целью данной работы является количественная оценка вклада природно-хозяйственной системы в экономическое развитие Вологодской области.*

На наш взгляд, вклад ПХС можно выразить через воспроизводство природных ресурсов, создание добавленной стоимости за счет использования их и ассимиляционного потенциала природной среды, а также оказание поддержки воспроизводства природной среде за счет природоохранных расходов. В то же время затраты на охрану окружающей среды осуществляются за счет полученного экономического эффекта и не всегда в полной мере возмещают

причиненный природе ущерб. Также экономический эффект снижается из-за негативного влияния неблагоприятных природных условий и явлений. Поэтому с учетом прямых и обратных связей вклад природно-хозяйственной системы (К) в экономическое развитие будет осуществляться по формуле (1).

$$K = \sum_{i=1}^{n} r_i p_i + \sum_{j=1}^{m} a_j - \sum_{c=1}^{l} x_c - \sum_{q=1}^{s} u_q - \sum_{f=1}^{w} (b_f y_f + z_f), \qquad (1)$$

где r_i – количество природного ресурса *i;*

p_i – цена природного ресурса *i*;

a_j – добавленная стоимость, созданная отраслью *j,* использующей природные ресурсы и ассимиляционный потенциал региона;

x_c – затраты на охрану окружающей среды по направлению *c;*

u_q – экономический ущерб от загрязнения окружающей среды воздействием q (выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов);

b_f – затраты на ликвидацию последствий опасных метеорологических явлений, лесных пожаров, чрезвычайных ситуаций природного происхождения *f*;

y_f – количество опасных метеорологических явлений, лесных пожаров, чрезвычайных ситуаций природного происхождения *f*;

z_f – упущенная выгода из-за приостановления работы предприятий по причине опасного природного явления *f*.

Предлагаем оценить вклад природно-хозяйственной системы в экономическое развитие Вологодской области в 2017 году в стоимостных показателях. Вологодская область – промышленный регион, экономическая деятельность которого в значительной мере использует ассимиляционный потенциал региональной экосистемы, а также ее природные ресурсы (поверхностные и подземные воды, общераспространенные полезные ископаемые, биоресурсы).

Результаты расчета отдельных составляющих вклада ПХС в экономическое развитие региона представлены в таблице.

Таблица

Основные составляющие вклада ПХС
в экономическое развитие Вологодской области

Составляющие вклада	Показатель
Стоимость извлеченных природных ресурсов, млрд рублей	114,2
Валовая добавленная стоимость, созданная субъектами ПХС, млн рублей	335634,9
Плата за НВОС, тыс. рублей	92293,0
Затраты на охрану окружающей среды, тыс. рублей	3758263
Экономический ущерб от неблагоприятных природных условий, тыс. рублей	3392,2
Источник: Комплексный территориальный кадастр природных ресурсов Вологодской области за 2017 год, Центральная база статистических данных, Налоговый кодекс (ст. 333.3). Доклад о состоянии окружающей среды в Вологодской области в 2017 году / Правительство Вологодской области, Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. Вологда,2018. с.183. ЕМИСС.	

Стоимость извлеченных полезных ископаемых рассчитывалась как их количество, умноженное на цену данного ресурса. Стоимость изъятой воды

рассчитывалась как объем водозабора, умноженный на соответствующую ставку платы за единицу объема воды конкретного водного бассейна. Стоимость биоресурсов (охотничьих и водных) рассчитывалась как объем добычи, умноженный на таксу за добычу особи данного вида. Источником информации о валовой добавленной стоимости (ВДС), созданной субъектами ПХС, послужили статистические сборники Росстата. В расчете была учтена ВДС сельского лесного хозяйства, рыболовства, рыбоводства, строительство, некоторые обрабатывающие производства. Информация платы за негативное воздействие на окружающую среду и о затратах на охрану окружающей среды использована из ЕМИСС.

Экономический ущерб от опасных гидрометеорологических явлений на уровне регионов статистически не отслеживается. За 2017 год в Вологодской области зафиксировано 1 чрезвычайная ситуация и 11 опасных метеорологических явлений разной продолжительности (от 1–2 дней до месяца), создающих неблагоприятные и опасные условия для ведения хозяйственной деятельности. Были отмечены факты подтопления приусадебных участков и домов и размывания в трех местах региональной автодороги Вологда–Медвежьегорск. Последствием чрезвычайной ситуации, а именно подъема уровня воды в ручье Вянг в г. Вытегре, стало подтопление 7 улиц города. В зону подтопления попало 30 придомовых территорий жилых домов. Признано пострадавшими 79 человек. Общий ущерб от чрезвычайной ситуации составил *3195,6* тыс. рублей.

Если рассматривать такое явление как лесные пожары, то по данным Департамента лесного комплекса Вологодской области в 2017 году произошло 6 пожаров, общей площадью 4 га. Основная причина возникновения – антропогенный фактор. Данных об объеме сгоревшей древесины не представлено. Затраты на тушение составили *196,6* тысяч рублей, что обусловлено хорошей организацией противопожарных мероприятий. В 2016 году пожаром было охвачено 177 га, а затраты на тушение составили 2264,9 тыс. рублей.

Таким образом, проведя расчет согласно предложенному способу, можно сделать вывод о том, что вклад ПХС в денежном эквиваленте составляет 446,02 млрд рублей или 87,6 % от ВРП 2017 года в текущих ценах. Учитывая столь высокий вклад ПХС в экономическое развитие региона, имеет смысл поддерживать ее сбалансированное функционирование для того чтобы обеспечить воспроизводство природного капитала и сохранить возможность его использования для получения экономического эффекта.

1. Замятина, М. Ф. Развитие природно-хозяйственного комплекса муниципального образования на принципах эколого-экономической сбалансированности / М. Ф. Замятина, М. Ю. Дьяков // Экономика и управление. – 2014. – Т. 102. – № 4. – С. 28–38.

2. Проблемы экономического роста территории: монография / Т. В. Ус-

кова, Е. В. Лукин, Т. В. Воронцова, Т. Г. Смирнова. – Вологда : ИСЭРТ РАН, 2013. – 170 с.

3. Ускова, Т. В. Управление устойчивым развитием региона : монография. – Вологда : ИСЭРТ РАН, 2009. –255 с.

4. Эколого-экономическая сбалансированность регионального развития: методологические и методические основы : монография / под редакцией М. Ф. Замятиной. – Санкт-Петербург : ГУАП, 2013. – 143 с.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК В ТАРНОГСКОМ РАЙОНЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Одинцов
Научный руководитель ***А.С. Новоселов****, канд. с.-х. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Введение. Лесовозобновление – выращивание леса на ранее вырубленных, выжженных и других лесных площадях; процесс формирования нового поколения леса. Лесовозобновление бывает трех видов: естественное, искусственное и комбинированное [1].

Лесовозобновление является важной частью по воспроизводству лесов после сплошных рубок. Цель лесовозобновления – воспроизвести леса в максимально короткие сроки наиболее эффективными в лесоводственном, экологическом и экономическом отношениях способами; рациональное использование земель лесного фонда; повышение продуктивности и качества лесов; обеспечение оптимального породного состава и площадей, занятых лесами [2].

Цель исследования – изучить особенности лесовозобновления в Тарногском районе Вологодской области после лесозаготовок разными способами: с помощью бензопил и трелевочной техники и с помощью лесозаготовительных комплексов (харвестер + форвардер).

Задачи исследования: ***1)*** оформить лесоводственно-таксационную характеристику объектов исследования до лесозаготовок; ***2)*** сформулировать краткое описание объектов исследования; ***3)*** выполнить сравнительный анализ качественных и количественных показателей лесовозобновительных процессов.

Описание объектов исследования. Для изучения оценки особенностей лесовозобновления были заложены 12 пробных площадей (ПП) на территории Верхне-Кокшеньгского участкового лесничества (3 ПП) и в лесных участках колхоза Озёрки (9 ПП). Площадь Верхне-Кокшеньгского участкового лесничества составляет 56 120 га. Площадь лесного участка колхоза Озёрки – 4 300 га. Состояние подроста оценивалось по методике И.С. Мелехова. В ней идет

градация состояния подроста б/б; б/д; сом; н; сух, где б/б – благонадёжный физиологически, безукоризненный в техническом отношении; б/д – благонадёжный физиологически, но дефектный технически; сом – сомнительный, потенциальные возможности которого в данный момент трудно определить; н – ненадёжный; сух – сухой [3].

На объекте выбиралось место между волоками и на нем отграничивалась пробная площадь, длинной 50 и шириной 10 м. Затем с проводился индивидуальный учёт подроста и измерение его высоты. На каждом объекте исследования отграничивалась одна пробная площадь.

Распределение подроста по крупности. Для осуществления распределения подроста по крупности производился пересчёт имеющегося мелкого и среднего подроста в крупный. К мелкому подросту относится подрост высотой до 0,5 метра. К среднему – от 0,5 до 1,0 метра. К крупному – свыше 1-го метра. Для перевода мелкого и среднего подроста в крупный используется множитель 0,5 и 0,8 соответственно.

На шести объектах исследования проводились рубки с помощью бензопил и трелевочной техники, столько же объектов исследования было изучено с осуществлением лесозаготовки лесозаготовительными комплексами. Также происходило разделение объектов исследования по времени, в которое осуществлялась лесозаготовка. Подбирались участки лесозаготовки 2014 и 2018-х годов. Объекты лесозаготовки с помощью лесозаготовительных комплексов находятся в 118, 124 и 125 кварталах Верхне-Кокшеньгского участкового лесничества и в 7 и 17 кварталах лесного участка колхоза Озёрки.

Самую большую эксплуатационную площадь имеет лесозаготовка в 124 квартале, располагающаяся в 15 выделе и занимающая площадь 22,7 га. Её состав 7Е1С2Б, класс бонитета преобладающей по запасу породы – III. Густота древостоя 805 шт. на га, густота подроста 3000 шт. на га. Тип леса сосняк брусничный. Объём заготовленной древесины 5563 м^3, из которых объём занятых лиственными породами – 1163 м^3, а хвойными – 4400 м^3.

Наименьшую площадь занимает лесозаготовка в 17 квартале 11-м выделе – 1,12 га. Она имеет состав 7Б1Олс1Е1С, класс бонитета преобладающей по запасу породы – III. Густота древостоя 375 шт. на га, густота подроста 2000 шт. на га. Тип леса сосняк черничный. Объём заготовленной древесины 172 м^3, объём, занятый лиственными породами, – 132 м^3, хвойными – 40 м^3.

Объекты лесозаготовок с помощью бензопил находятся в 7, 8 и 10 кварталах объекта аренды колхоза Озёрки. Самую большую эксплуатационную площадь имеет лесозаготовка, расположенная в 8 квартале, 13 выделе, имеющая площадь 19,21 га. Её состав – 5С3Е2Б, класс бонитета пре обладающей по запасу породы – V. Густота древостоя 280 шт. на га, густота подроста 3000 шт. на га. Тип леса сосняк кисличный. Объём заготовленной древесины 5689 м^3, из них 1152 лиственных и 4537 м^3 хвойных пород.

Наименьшую площадь имеет лесозаготовка в 10 квартале в 23 выделе – 7,10 га. Её состав – 4Б1Олс1Ос3Е1С, класс бонитета преобладающей по запасу породы III. Густота древостоя 460 шт. на га, густота подроста 2000 шт. на га. Тип леса ельник кисличный. Объём заготовленной древесины 1644 м^3, из них на лиственные и хвойные породы пришлось 1069 и 575 м^3 соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе исследования оценивалось состояние хвойного подроста.

На первой и второй пробной площади отсутствовал хвойный подрост, и подрост в целом был представлен только лиственным подростом (березой и осиной).

При заготовке с помощью лесозаготовительных комплексов показатель состояния подроста в среднем имеет такое процентное распределение качества подроста: 47 % – б/б; 36 % – б/д; 13 % – сом; 4 % – ненадежный или сухой.

При заготовке с помощью трелевочных машин и бригад вальщиков показатель состояния подроста в среднем имеет следующее распределение: 58 % – б/б; 32 % – б/д; 7 % – сом; 3 % – ненадежный или сухой.

Наибольшее количество крупного подроста после пересчета среди ПП, на которых заготовка происходила с помощью лесозаготовительных комплексов, имеет пробная площадь № 3, расположенная в 124 квартале, 15 выделе, которое составляет 608 шт. на га. Наименьшее количество подроста имеет ПП № 6, находящаяся в 7 квартале, 14-м выделе, – 228 шт. на га.

Наибольшее количество подроста среди ПП, на которых заготовка происходила с применением трелевочных машин и бригад вальщиков, имеет ПП № 11. Она располагается в 10-м квартале, 10-м выделе. Количество подроста равно 1080 шт. на га. Наименьшее количество хвойного подроста имеет пробная площадь № 7, находящаяся в 7 квартале, 12 выделе.

Средняя высота б/б подроста при заготовке с помощью лесозаготовительной техники составляет 0,76 м. Средняя высота б/б подроста при заготовке бригадами вальщиков с использованием трелевочных машин равна 0,98 м.

Выводы:

1. Максимальное количество хвойного подроста составило 1080 шт. на га. Однако это количество не соответствует существующим нормам хвойного подроста.

2. Лесозаготовка с использованием лесозаготовительных комплексов в большей степени влияет на количество и качество хвойного подроста, чем заготовка бригадами вальщиков и применением трелевочных машин.

3. При заготовке с использованием бригад вальщиков и трелевочных машин средняя высота подроста на 25 % больше, чем при использовании лесозаготовительных комплексов.

1. Цветков, В. Ф. Лесовозобновление: природа, закономерности, оценка, прогноз : монография / В. Ф. Цветков. – Архангельск : Архангельский государственный технический университет, 2008. – 212 с.

2. Луганский, Н. А. Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения : учебное пособие / Н. А Луганский, С. В Залесов, В. Н Луганский. – Уральский государственный лесотехнический университет. Екатеринбург, 2010. – 128 с.

3. Мелехов, И. С. Лесоводство / И. С. Мелехов. – Москва : МГУЛ, 2003. – 320 с.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИШЕК ЕЛИ В НАСАЖДЕНИЯХ КИЧМЕНГСКО-ГОРОДЕЦКОГО РАЙОНА

А.В. Осокина
Научный руководитель ***Р.С. Хамитов,*** *д-р с.-х. наук, профессор*
Вологодская государственная молочнохозяйственная
академия им. Н.В. Верещагина
г. Вологда

Цель работы заключается в сравнительной оценке изменчивости шишек ели в лесных культурах и в естественных насаждениях для анализа гибридизации.

Задачи исследования:

– анализ климатических условий района исследования;

– лесоводственно-таксационная оценка естественных и искусственных насаждений;

– оценка морфометрических параметров шишек;

– оценка степени интрогрессивной гибридизации ели.

Рубки оказывают существенное влияние на степень гибридизации. Согласно предположению Д.Е. Румянцева, степень гибридизации естественных популяций обусловлена антропогенным фактором. По мнению исследователя подсечно-паловая форма земледелия способствовала изменению генетической структуры популяций. Замещение типично сибирской ели и гибридов ели с преобладанием признаков последней на популяции с признаками ели европейской происходило вслед за освоением славянами этих территорий, при продвижении на север и восток [1].

В результате увеличения количества рубок, увеличивается и площадь, подлежащая лесовосстановлению. Таким образом, ель сибирская, произрастающая в естественных условиях, образует гибриды с елью европейской, высаживаемой в процессе лесовосстановления. Увеличение объема лесозагото-

вок ведет к увеличению объема лесовосстановления, следовательно, тем больше происходит процесс гибридизации [1].

О степени гибридизации ели можно судить по морфологическим признакам шишек ели. Изучение изменчивости шишек ели в насаждениях Кичменгско-Городецкого района Вологодской области обусловлено оценкой роли антропогенного фактора в лесохозяйственной и лесокультурной деятельности. Изучение степени влияния этой деятельности на интрогрессивную гибридизацию. Таким образом, ставится вопрос определения влияния деятельности человека в лесу на процесс интрогрессивной гибридизации, либо же на структуру популяции ели в целом [2, 3].

Данные исследования проводились для территории Вологодской области в Кичменгско-Городецком районе. Кичменгско-Городецкий район относится к зоне интрогрессивнной гибридизации ели европейской и ели сибирской, соответственно, в нем образуется множество новых форм ели. В естественных насаждениях в основном произрастает ель сибирская либо ее гибрид с елью европейской – ель финская. В лесных культурах больше возможность появления ели европейской. Но наиболее устойчивым в наших лесах является вид ели финской [3, 4]. Объектом исследования послужили естественные и искусственные насаждения ели с типами леса ельник кисличник и ельник черничник.

Для исследования были заложены пробные площади в еловых насаждениях, два участка – лесные культуры и два участка – естественные насаждения. Первая и четвертая, вторая и третья пробные площади схожи по таксационным показателям, это обусловлено одинаковыми условиями произрастания и возрастом насаждений на этих участках. На двух пробных площадях тип леса – ельник черничник и на двух других – ельник кисличник. На каждой пробной площади для исследований были собраны по 50 штук шишек ели. У отобранных шишек с помощью штангенциркуля были определены диаметр и длина. У каждой шишки отбирались по 11 штук чешуй для определения их морфологических показателей. Для каждой шишки определяли среднюю выраженность признака в баллах как среднеарифметическое значение [5].

Для изучения изменчивости шишек ели был проведен анализ их морфологических показателей [5, 6]. В обеих исследуемых популяциях выявлены средние значения показателей с основной ошибкой, что позволило судить об их различиях по критерию Стьюдента. Показатель достоверности различия устанавливали в зависимости от принадлежности пробных площадей к типам леса. Отношение параметров по длине семенных чешуй наиболее статистически существенно как для черничников, так и для кисличников, а также для черничников по длине и диаметру шишек $t_ф > t_{0,5} = 2,0$.

Представляет интерес оценка уровня изменчивости параметров шишек. Более высокий уровень изменчивости демонстрирует и более высокую степень генетического разнообразия. Наши исследования демонстрируют отличия величин коэффициентов изменчивости морфометрических параметров

шишек на исследуемых объектах. Практически все морфометрические параметры шишек в обеих исследуемых популяциях варьируются примерно на одинаковом уровне [6].

В связи с тем, что наименьшая изменчивость в естественных насаждениях свойственна ширине семенных чешуй, соотношение длины и ширины семенных чешуй многими авторами признается как основной феномен, характеризующий степень гибридизации. В соответствии с отношением длины и ширины семенных чешуй выделяют три группы елей: ели, характеризующиеся ромбическими, клинообразно суженными семенными чешуями с коэффициентом *H/l*=1,3 относить к ели европейской; ели с обратнояйцевидными цельнокрайними чешуями при *H/l*=0,7 – к ели сибирской и ели с *H/l*=1,0 – к гибридной ели [7].

Исследования демонстрируют некоторое увеличение величины рассматриваемого индекса в естественном насаждении. Между этим в обеих популяциях значение индекса указывает на то, что в них доминирует ель европейская.

При бальной оценке морфометрических параметров шишек существенных различий между естественными и искусственными насаждениями не выражено. Метод лесовосстановления явно не оказывает выраженного влияния на оценку морфометрических параметров шишек, следовательно, лесные культуры незначительно отличаются от естественных популяций.

Наиболее полную картину гибридизации может дать комплексная оценка всех рассматриваемых показателей (табл.).

Таблица

Представленность шишек по группам соответствия степени гибридизации

Группа	Сумма балов	Количество шишек, %				Степень гибридизации
		лесные культуры		естественные насаждения		
		ППП№2 Е. кисл.	ППП№1 Е. чер.	ППП№4 Е. чер.	ППП№3 Е. кисл.	
1	0–3	10	26	26	8	типичная ель сибирская
2	4–7	68	52	54	42	гибридная ель с преобладанием признаков ели сибирской
3	8–11	20	16	18	38	гибридная ель с равнозначными признаками елей сибирской и европейской
4	12–15	2	6	2	12	гибридная ель с преобладанием признаков ели европейской
5	16–19	–	–	–	–	типичная ель европейская

Сумма баллов оцениваемых признаков позволяет отнести встреченные нами экземпляры шишек к той или иной группе степени гибридизации в соответствии с положениями методики Правдина. На основании комплексной оценки морфологических признаков шишек, следует заключить, что существенных отличий между естественными и искусственными насаждениями ели по степени гибридизации в целом нет. Во всех обследованных площадках преобладает в процентном соотношении гибридная ель с преобладанием признаков ели сибирской.

Отметим, что анализ признаков изменчивости шишек, характеризующих степень их гибридизации, демонстрирует большую гетерогенность представленности различных морфологических форм в искусственных насаждениях, что обусловлено процессом сбора семян из разных материнских популяций, выровненностью экологических условий на лесокультурной площади и отсутствием естественного отбора растений на питомнике в лесных культурах на ранних стадиях онтогенеза. Вместе с этим на обоих рассматриваемых участках достаточно часто встречается и гибридная ель с равнозначными признаками елей сибирской и европейской. Это указывает, что наиболее целесообразен при проведении селекции отбор особей этой группы, а также гибридной ели с преобладанием признаков ели сибирской как наиболее высокопроизводительных и устойчивых, более приспособленных местным лесорастительным условиям.

Подводя итог, можно отметить следующие основные результаты исследования:

1. В естественных насаждениях по сравнению с искусственными формируются шишки несколько меньших размеров, а по комплексу морфологических признаков шишек можно судить, что значительно чаще встречаются особи гибридной ели с преобладанием признаков ели сибирской. Сравнительно большее участие гибридной ели с преобладанием признаков ели сибирской указывает на наличие некоторого адаптационного преимущества у нее.

2. В ельнике кисличном достаточно велика представленность особей с равнозначными признаками елей сибирской и европейской, что демонстрирует высокую способность данных особей выживать в наиболее благоприятных лесорастительных условиях, где более выражена внутривидовая конкуренция.

3. Для создания лесных культур следует рекомендовать отбор особей гибридной ели с преобладанием признаков ели сибирской, а также с равнозначными признаками елей сибирской и европейской как наиболее приспособленных местным лесорастительным условиям.

1. Румянцев, Д. Е. Роль антропогенного фактора в географической дифференциации популяций ели Русской равнины по фену формы семенной чешуи / Д. Е. Румянцев // Общество, среда, развитие (Terra humana). – 2009. – № 3. – С. 218–224.

2. Кочев, Ю. А. Экология роста и развития сосны и ели на Северо-востоке Европейской части СССР / Ю. А. Кочев. – Сыктывкар, 1979. – 120 с.

3. Анишин, П. А. Генезис северных ельников / П. А. Анишин // Лесоведение. – 1984. – 17 с.

4. Корякин, В. В. Леса земли Вологодской / В. В. Корякин. – Вологда : Вологодский государственный университет, 1999. – 296 с.

5. Хамитов, Р. С. Изменчивость качества семян ели на лесосеменной плантации в зоне интрогрессивной гибридизации : монография / Р. С. Хамитов, Н. А. Бабич, А. П. Енальский. – Вологда – Молочное : ВГМХА, 2017. – 122 с.

6. Правдин, Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР : учебное пособие / Л. Ф. Правдин. – Москва : Наука, 1975. – 176 с.

7. Бакшаева, В. И. Изменчивость и формовое разнообразие ели в Карелии : автореферат диссертации кандидата биологических наук / В. И. Бакшаева. – Петрозаводск : Петрозаводский государственный университет им. О. В. Куусинена, 1966. – 26 с.

СОСТАВ И ДИНАМИКА ЛЕСНОГО ФОНДА ВЕРХОВАЖСКОГО РАЙОНА

А.А. Петухова
Научный руководитель ***С.М. Хамитова****, канд. с.-х. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Лесные ресурсы – одно из главных национальных богатств страны. Лесной фонд Российской Федерации составляет 1172 млн га, представляя значительную долю лесных ресурсов планеты с запасом древесины 81,3 млрд $м^3$ [1].

Одной из важнейших функций леса является поставка древесины. Это ценнейшее сырье для многих отраслей хозяйства. Но польза леса не ограничивается только этим. Лесные массивы имеют множество значений: защитное, водоохранное, санитарно-гигиеническое и рекреационное. Обширные лесные пространства служат местом произрастания грибов и ягод. Также там ведется промысловая охота на зверей и птиц [1].

Лес – сложное образование природы, биологическое и физико-географическое явление, одна из составных частей географического ландшафта. Это совокупность лесных древесных растений, почвы, животных, микроорганизмов и других природных компонентов, находящихся во взаимосвязи между собой и с внешней средой [1].

На 1.01.2018 года Верховажское лесничество занимает площадь более 366 га. Массив, которым представлен лесной фонд, имеет несколько сельхоз формирований [2].

В его составе находится 6 участковых лесничеств, общая площадь которых равна 266885 га. Два участковых лесничества имеют площадь более 99300 га. Все лесничества разделены на лесные участки [2].

Таблица 1

Структура лесничества

№№ пп	№№ по схеме	Наименование участковых лесничеств, хозяйств.	Административный район (муниципальное образование)	Общая площадь, га
1	1	Морозовское	Верховажский	43295
2	2	Верховажское	-«-	48169
3	3	Кулойское	-«-	54693
4	4	Верховское	-«-	30591

Таблица 2

Распределение лесов лесничества по лесорастительным зонам и лесным районам

№№ п.п	№№ по схеме	Наименование участковых лесничеств, хозяйств.	Лесорастительная зона	Лесной район	Перечень лесных кварталов	Площадь, га
5	5	Липецкое			1–88	33096
6	6	Оринодорское			1–131	57041
		Итого			848	266885
7		Центральное сельское, в том числе:	Таёжная	Среднетаёжный европейской части Российской Федерации		
7.1	1	К-з «Путь к коммунизму»			1–39	8929
7.2	2	К-з «Олюшино»			1–25	5417
7.3	3	К-з «Верховье»			1–39	8480
7.4	4	К-з им. Петухова			1–31	6605
7.5	5	К-з им. Ленина			1–42	9273
7.6	6	К-з «Север»			1–40	7408
7.7	7	К-з «Родина»			1–47	9454
7.8	8	К-з «Россия»			1–46	10544
7.9	9	С-з «Верховажский»			1–17	3766
8		Урусовское сельское лесничество, в том числе:				
8.1	10	К-з им. Калинина			1–20	4462
8.2	11	К-з «Кулое»			1–42	8588
8.3	12	К-з «Память Ленина»			1–23	4767
8.4	13	К-з «Красносибирский»			1–16	3609
8.5	14	К-з «Терменьга»			1–33	7007
8.6	15	К-з «Северный колхозник»			1–4	951
Итого по сельским участковым лесничествам					464	99328
Всего по лесничеству					1312	366213

По районированию лесной растительности территория Верховажского лесничества относится к таежной лесорастительной зоне, среднетаежному лесному району европейской части Российской Федерации. Основание – приказ МПР РФ от 28.03.2007 г. № 68 «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов РФ». [2]

Для улучшения породного состава и качества лесов, повышения устойчивости к негативным воздействиям и экологической роли, выполняются рубки насаждений любого возраста. [3]

В лесничестве проводятся такие виды рубок ухода за лесами, как:

- прореживания, которые направлены на улучшение условий для правильного формирования ствола и кроны деревьев;
- проходные рубки, которые направлены на создание условий для увеличения прироста;
- рубки восстановления насаждений;
- рубки единичных деревьев [3].

Таблица 3

Утвержденная расчетная лесосека (ежегодный допустимый объем изъятия древесины) при заготовке древесины

Хозяйства Породы	Ежегодный допустимый объём изъятия древесины, (площадь-га, запас-тыс. кбм)									Общий средний прирост	% спелых и перестойных от покрытой
	при рубке спелых и перестойных лесных насаждений			при рубке лесных насаждений при уходе за лесами			Итого				
	площадь	запас		площадь	запас		площадь	запас			
		ликв.	деловой		ликв	деловой		ликв.	деловой		
Хвойные итого	1705	331,3	286,4	-	-	-	1705	331,3	286,4	395,0	31
С	874	168,2	147,3	-	-	-	874	168,2	147,3	231,1	24
Е	831	163,1	139,1	-	-	-	831	163,1	139,1	163,9	37
Мягколиственные итого	2396	332	234	-	-	-	2396	331,9	233,6	240,6	28
Б	1792	231,9	171,7	-	-	-	1792	231,9	171,7	194,5	23
Ос	604	100,0	61,9	-	-	-	604	100,0	61,9	46,1	52
Всего	4101	663,2	520,0	-	-	-	4101	663,2	520,0	635,6	52

Согласно приказу Рослесхоза № 283 от 06.10.2008 в запретных полосах лесов, расположенных вдоль водных объектов, устанавливается возраст рубок, соответствующий возрасту рубок, установленному в эксплуатационных лесах [2].

Таблица 4

Возрасты насаждений для рубок ухода за лесом

Виды рубок ухода	Возрасты насаждений, лет		
	хвойных	березовых	осиновых
Прореживания	41–60	21–40	11–20
Проходные рубки	61–80	41–50	21–30
Рубки реконструкции	-	21–60	11–40

При сплошнолесосечных рубках перестойных и спелых насаждений в лесах Верховажского лесничества процент выборки запаса установлен:

- в древостоях с наличием хвойных пород в составе – 95–98 %,
- в чистых лиственных древостоях – 100 % [2].

Выборочные рубки с учетом объема интенсивности делятся на такие виды, как:

- очень слабая интенсивность – объем вырубаемой древесины достигает 10 % от общего ее запаса,
- слабая интенсивность – 11–20 %,
- умеренная интенсивность – 21–30 %,
- умеренно высокая интенсивность – 31–40 %,
- высокая интенсивность – 41–50 %;
- очень высокая интенсивность – 51–70 % [2].

Образцовые рубки спелых и перестойных лесов разрешается проводить в отношении лесов с объемом вырубаемой древесины за один прием, который предоставляет возможность формирования из подроста и второго яруса устойчивых лесных насаждений. В таком случае идет вырубка не всех спелых и перестойных деревьев, а только их части. Сохраняется второй ярус и подрост [3].

При уходовых рубках за лесом интенсивность образцовых рубок не должна превышать 50 % от всего запаса древесины на лесосеке. При прореживании в чистых лесах полнота после рубки не может быть ниже 0,7, в смешанных лесах, а также неоднородных по происхождению – ниже 0,5. Должен сохраняться имеющийся подрост главных пород при проходных рубках, а также создаваться условия для появления естественного семенного возобновления твердолиственных и хвойных пород [4].

Из изложенного выше можно сделать выводы, что лесопользование в районе находится на среднем уровне и отвечает поставленным перед лесным хозяйством задачам рационального использования древесины и повышения продуктивности лесов на 50 процентов. Мероприятия по лесовосстановлению слагаются из мероприятий по обеспечению естественного лесовозобновления, по созданию лесосеменной базы и питомнического хозяйства и по производству лесных культур. На территории осуществляется сбор ягод, грибов, лекарственных растений, выделены участки под сенокосы и пастбища, осуществля-

ется охота и рыбалка. Расчетная лесосека используется на 85 %. На территории выделены участки для предполагаемых природных территорий.

1. Спиридонов, И. А. Мировая экономика / И. А. Спиридонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, 2006. – 272 с.

2. Лесохозяйственный регламент Верховажского государственного лесничества Департамента лесного комплекса Вологодской области. – Вологда, 2008. – 174 с.

3. Леса земли Вологодской / редколлегия Белякова Л. Н., Воробьев Г. А. – Вологда, 1999. – 57 с.

4. Лесной кодекс Российской Федерации : [Федеральный закон от 04.12.2006]. – № 200 ФЗ в редакции Федеральных законов от 04.12.2006 № 201-ФЗ. – 58. – 72 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ УЧАСТКА ЛЕСА

А.И. Смолина
Научный руководитель ***О.В. Баженова****, канд. геогр. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Растительность на улицах городов зачастую оказывается наиболее изученной, так как она оказывает непосредственное влияние на качество жизни населения. В то же время растительность в небольших населенных пунктах, таких как села и деревни, оказывается менее исследованной. Таким образом, изучение данного вопроса считаем актуальным.

Работа проводилась в ходе полевых исследований в июле 2020 года. Для этого проводилась экологическая паспортизация участка леса, расположенного на юго-западе от деревни Плошиловской Заборского поселения Тарногского района. Обосновать выбор участка можно тем, что он имеет достаточно большую площадь и располагается неподалеку от населенных пунктов, поэтому может испытывать влияние хозяйственной деятельности жителей близлежащих деревень. Цели проведения методики экологической паспортизации – описание экологических характеристик участка леса, выявление видового разнообразия [1].

Задачи, поставленные на время исследований:

1) дать описание флоры пробных площадок;

2) охарактеризовать водный режим почвы исследуемой территории;

3) выявить различия между площадками и объяснить их.

Для характеристики травянистого и кустарничкового ярусов растительности были заложены две пробные площадки с размерами 1 м^2 каждая. Первая

пробная площадка была заложена на окраине леса, вторая – в глубине. Для анализа древесного и кустарникового ярусов нами были выделены площадки с размерами 20 м^2, причем каждая пробная площадка располагалась внутри участков для изучения древостоя.

По результатам исследования были составлены две сводные таблицы, в которых указано количество растений по семействам, родам и видам, также для отдельных видов определено обилие, фенофаза и жизненность.

Следует отметить, что несмотря на положение в пределах одного лесного массива, характер флоры на каждом из участков различен (рис. 1, 2).

На ключевой территории преобладает кустарничковый ярус, представленный одним видом – костяникой, имеющей высший балл по шкале обильности – 5. Фенофаза данного вида на момент исследования – созревание семян, жизненность характеризуется как хорошая. На пробной площадке нами было насчитано 79 объектов данного вида.

На пробной площадке № 2 преобладающим видом является кислица обыкновенная, также обильно представлены брусника, земляника лесная и черника. Костяника, которая преобладает на участке 1, была встречена на участке 2 в единственном экземпляре.

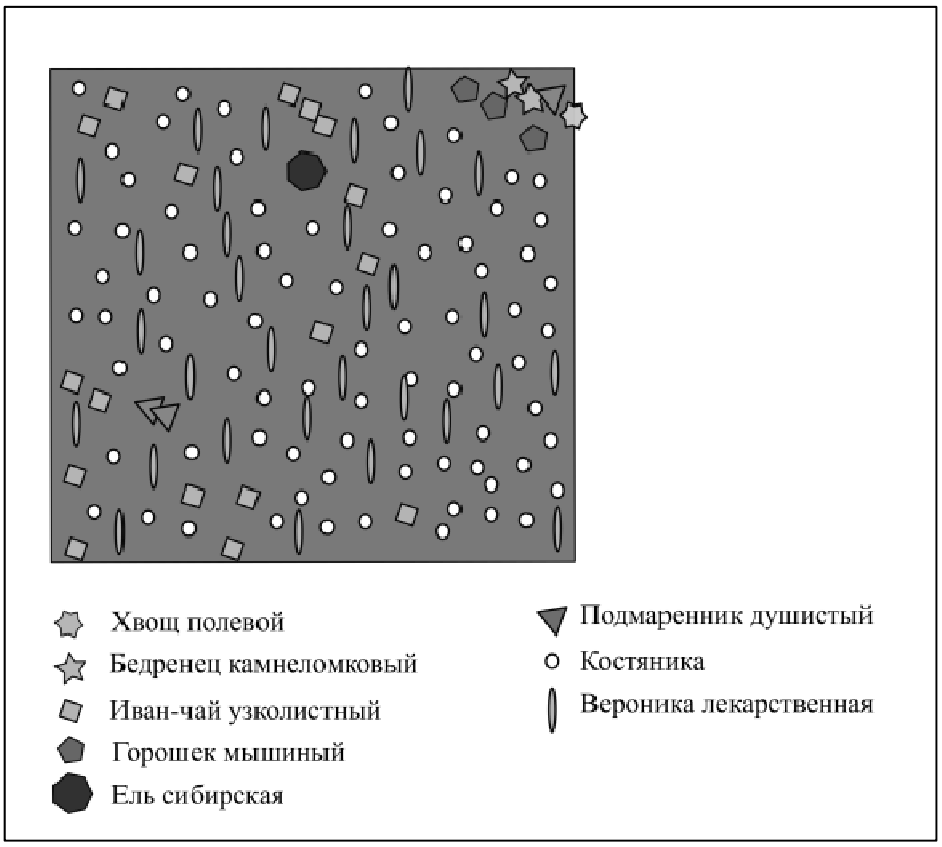


Рис. 1. Распределение объектов по площади пробного участка № 1

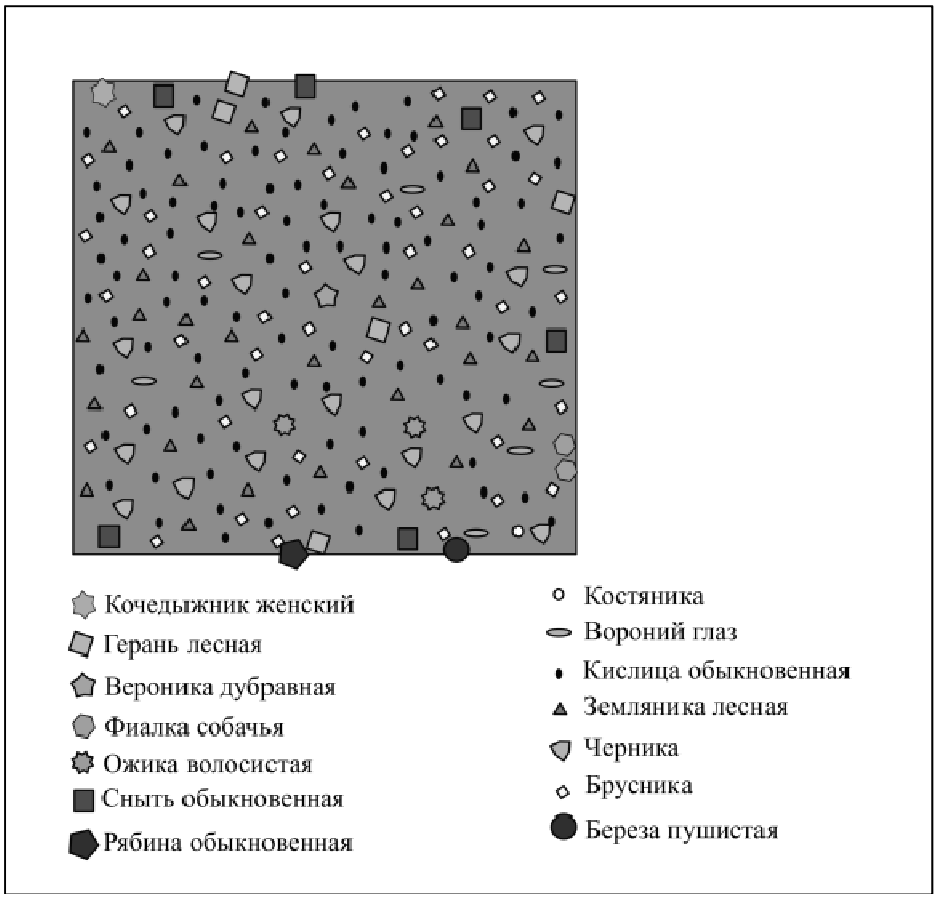


Рис. 2. Распределение объектов по площади пробного участка № 2

При сопоставлении видового состава двух площадок был выявлен коэффициет дифференциальности Жаккара, который составил 94, что говорит о том, что изученные пробные площадки имеют крайне большие различия, так как имеют лишь один общий вид – костянику.

При характеристике растительности следует указать особенности древесного яруса в пределах 20 м^2 рядом с каждой из площадок. После подсчета количества видов на каждой из площадок, нами была рассчитана формула древостоя: для первого участка: 5С2Р1Е1Б + Ос; для второго – 4С3Р2Ос. На изучаемом участке леса в разных его частях характер древесной растительности различен; так, на первой пробной площадке было выявлено, что в древостое преобладает сосна обыкновенная, на площадке 2 – также сосна обыкновенная, но со значительной примесью рябины обыкновенной, составляющей порядка 30 % от общего количества объектов.

Водный режим территории на обеих площадках одинаков: глубина залегания грунтовых вод составляет 100–150 см. На первой площадке по растению-индикатору кислице заячьей (кислица обыкновенная) и бруснике было определено, что почвы являются слабыми и умеренно-кислыми, на первом участке кислотность определялась по фиалке собачьей, произрастающей недалеко от исследуемой площадки. Плодородие почв обеих площадок было

оценено как низкое за счет повышенной кислотности, обусловленной положением участков в хвойном лесу. Данные представлены в таблице.

Таблица

Основные показатели, изученные на территории

Площадка/ показатели	Глубина грунтовых вод	Кислотность	Плодородие
Площадка 1	100–150 см	4,5-6 – умеренно-кислые почвы	Низкое
Площадка 2	100–150 см	5-6 – слабые и умеренно-кислые почвы	Низкое

После изучения водного режима и характера почв можно выявить основные причины различия флоры обеих площадок. Во-первых, влияние оказывает кислотность, которая чуть выше на пробной площадке № 1, где среди древесного яруса преобладают хвойные деревья; на участке № 2 в подросте большую долю занимают лиственные породы, в первую очередь это рябина обыкновенная, тополь дрожащий, в связи с чем кислотность уменьшается и в травянистом ярусе появляется кислица обыкновенная, требовательная к более низкой кислотности. В то же время повышенная кислотность оказывает негативное влияние на жизненность некоторых отдельных видов. Так, иван-чай узколистный на окраине леса на пробной площадке № 1 находится в угнетенном состоянии и имеет меньшие размеры, чем представители того же вида, произрастающие на лугу.

Во-вторых, сказывается положение площадок относительно самого участка леса. Так, освещенность на участке 1 намного выше, чем на участке 2; по этой причине видовой состав различен: на площадке 2, расположенной в глубине леса, более влажные почвы, поэтому здесь произрастает черника и брусника, на первой площадке больше представлены виды, не требовательные к большому количеству влаги в почве.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать несколько основных выводов. Так, несмотря на положение пробных площадок в одном и том же массиве леса, наблюдаются значительные различия в видовом составе флоры. Пробная площадка № 1 характеризуется достаточно небольшим видовым разнообразием, среди растений преобладает костяника, условия обитания являются неподходящими для вида иван-чай узколистный. Напротив, площадка № 2 отличается более высоким видовым разнообразием за счет присутствия в подросте лиственных пород деревьев, которые в значительной степени снижают кислотность почвы.

1. Баранов, С. Г. Оценка экологического состояния зеленых насаждений : Практикум по экологии для бакалавров направления 050100 / С. Г. Баранов, С. Ю. Морев, Т. С. Бибик. – Владимир : Издательство Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2013. – С. 118–129.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА БАССЕЙНА ВОЛОГОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

М.В. Степырев
Научный руководитель ***С.М. Хамитова****, канд. с.-х. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Исследования экологической обстановки участка строительства выполнены согласно техническому заданию в соответствии с требованиями [1, 2, 3].

В административном отношении участок изысканий расположен в Вологодской области в городе Вологда, на юге от дома № 20 по улице Ловенецкого.

На участке работ расположена бывшая Агробиологическая станция. В границы работ входит проезжая часть улицы Сергея Преминина и прилегающая территория с проездами, тротуарами, зданиями и строениями в створе домов № 36 по Паровозному переулку и № 20 по улице Ловенецкого. Большая часть местности открытая, растительность представлена порослью кустов (саженцами) до 1,5 м высотой, кустами (ольха, ива, береза) до 5 м, в северной части участка расположены деревья (береза, тополь, осина) высотой до 15 м. Рельеф на участке спокойный перепад высот незначительный.

Инженерные коммуникации на участке представлены: надземными линиями электропередач 0,4 кВ, подземными линиями теплотрасс, линиями дренажной и бытовой канализации, подземными кабелями связи.

Цель проведенных инженерно-экологических исследований – экологическое обоснование возможности строительства объекта, установление уровня существующей техногенной нагрузки на основные компоненты окружающей среды (наиболее потенциально подверженные техногенному изменению) в районе рассматриваемого участка, прослеживание динамики экологической ситуации и изменений инженерно-геологических, гидрогеологических и инженерно-экологических условий района.

В состав инженерно-экологических изысканий входит комплекс работ согласно [1]. Необходимость каждого вида исследований, условия их взаимозаменяемости и сочетания с другими видами изысканий устанавливаются в зависимости от вида строительства, характера и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений, особенностей природно-техногенной обстановки, степени экологической изученности территории и стадии проектно-изыскательских работ.

По результатам инженерно-экологических изысканий для проекта строительства «Проведение проектно-изыскательских работ по объекту капитального строительства «Бассейн ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет» можно сделать следующие основные выводы:

1. Степень загрязнения по химическим показателям, согласно [4], почвогрунта не превышает установленные нормативы и относится к «допустимой» категории (суммарный показатель Zc менее 16). Допускается использование строительных работ без ограничений, исключая объекты повышенного риска.

Во всех пробах концентрации без(а)пирена отвечает требованиям. В соответствии с [4] почвы и грунты на глубину перспективного использования соответствуют «чистой» категории.

2. Из результатов эпидемиологического анализа почвенных проб следует:

- по микробиологическим показателям выявлено превышение по индексу БГПК. Участок относится к категории «опасная»;

- по паразитологическим показателям почвы участка относятся к категории «чистой».

Согласно [4], почвы опасной категории загрязнения подлежат ограниченному использованию под отсыпки выемок и котлованов с перекрытием слоем чистого грунта не менее 0,5 м, использование возможно после проведения дезинфекции (дезинвазии) по предписанию органов госсанэпидслужбы с последующим лабораторным контролем.

По результатам анализа показателей плодородия почвенного покрова плодородный слой площадки удовлетворяет требованиям, предъявляемым [5], и рекомендуется снять на глубину 0,2 метра и использовать для дальнейшей рекультивации земель.

3. Обследованный участок не представляет опасности по техногенной и природной составляющим радиационного фактора экологического риска и отвечает требованиям [4, 6, 7].

4. По результатам натурных замеров установлено, что измеренные уровни напряженности электрического и магнитного полей, вибрации на исследуемом земельном участке не превышают уровни, допустимые действующими государственными санитарными нормами. Измеренные эквивалентные уровни шума на территории земельного участка не превышают допустимые уровни. Измеренные максимальные уровни шума на территории земельного участка не превышают допустимые уровни.

5. По результатам исследований атмосферного воздуха превышений ПДКм.р. не выявлено.

6. По данным испытаний подземной воды превышений допустимых уровней нет. В соответствии с [1] п. 4.38 таблица 4.4 по критериям оценки степени загрязнения категория относительно удовлетворительная.

Таким образом, территория строительства не имеет существенных ограничений для проведения работ по строительству.

1. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства : введен 10.08.1997. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-

справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

2. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства Основные положения. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

3. Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства : Постановления Правительства РФ от 19.01.2006 г. № 20. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

4. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

5. ГОСТ 17.5.3.06-85. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

6. СанПин 2.6.1.2535-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

7. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

М.Ю. Цыкина

Научный руководитель ***С.М. Хамитова****, канд. с.-х. наук, доцент*

Вологодский государственный университет

г. Вологда

В настоящей статье рассматриваются вопросы установления размера и границы СЗЗ, мероприятия по защите населения от физического воздействия фермы КРС ЗАО Племзавод «Заря» (д. Зимняк) Грязовецкого района Вологодской области.

Для обеспечения безопасности населения вокруг производственных объектов, загрязняющих и негативно виляющих на окружающую среду, устанавливается особая территория со специальным режимом использования (санитарно-защитная зона).

Размер санитарно-защитной зоны предприятия зависит от степени загрязнения данным предприятием окружающей среды (атмосферы, гидросферы и почв) и обеспечивает уменьшение влияния загрязнения.

В соответствии с основной деятельностью предприятия согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 гл. ориентировочная санитарно-защитная зона составляет 300 м «Класс III – санитарно-защитная зона 300 м» [1].

Санитарно-защитная зона является защитным барьером, который обеспечивает безопасность населения при эксплуатации объекта в штатном режиме [4].

В пределах санитарно-защитной зоны неблагоприятное влияние на окружающую среду должно снижаться до допустимых уровней, определяемых гигиеническими нормативами.

Источниками шума при эксплуатации фермы являются автотранспортные средства для обслуживания: соломорез и трактора.

Шум оказывает раздражающее воздействие на человека и относится к числу загрязняющих атмосферу явлений. Влияние шума на человека зависит от его интенсивности, продолжительности и спектрального состава. Наибольшее раздражение вызывает шум в диапазоне частот 3000–5000 Гц [3].

Расчет шумового воздействия в период проведения работ выполнен при условии одновременной работы в форсированном режиме нескольких единиц техники, в соответствии с принятой технологией работ и с учетом состава технологических звеньев. Практическая вероятность принятых условий очень мала, что определяет погрешность расчета в безопасную сторону.

Интенсивное шумовое воздействие в течение дня носит временный характер. Расчет производился на дневной период времени, в ночной период времени строительная техника не работает.

Рассматривались три контрольные точки для определения акустического воздействия.

Расчет акустического воздействия проводился на наихудшие условия в расчетной точке № 1 (граница участка 35:28:0301006:302 – жилой дом), в расчетной точке № 2 (граница участка 35:28:0301003:18 – жилой дом) и расчетной точке № 10 (юго-восточная граница предприятия).

Ниже представлены таблицы расчетов акустического воздействия в точках № 1, 2, 10 соответственно (табл. 1–3).

Таблица 1

Расчет акустического воздействия в точке № 1

Техника	*Время работы (час)*	*Уровни шума дБА, в соответствии с протоколом*		*Р.т. № 1*		*Р.т. № 1*			*Р.т. № 1*	
		$L_{экв}$, дБА	*$L_{мах}$, дБА*	*r , м (для экв)*	*r , м (для мах)*	*15*lgr/r0, дБА (для экв)*	*10*lg(t/T) (для экв)*	*20*lgr/r0 (для мах)*	*$L_{экв}$, дБА*	*$L_{мах}$, дБА*
*Вспомогательная техника (*r0 = 7.5 м, Т=16 ч)*										
Соломорезка	2	68	71	180	180	20,70	-9,03	27,60	38,27	46,40
Трактор	2	72	80	180	180	20,70	-9,03	27,60	42,27	52,40
Трактор	2	72	80	180	180	20,70	-9,03	27,60	42,27	52,40
$L_{сумэкв}=10\lg(10^{0.1L_i}+10^{0.1L_{i+1}} \dots +10^{0.1L_{i+n}})$ =46.06дБА						*Максимальный уровень шума L, дБА* = 52.40 дБА				
$L_{экв}$ дневной период внутри помещения с учетом снижения существующими оконными конструкциями при открытых форточках для меблированных жилых комнат и рабочих кабинетов ΔLАок. = 15 дБА									40.0 дБА	
ПДУ 40дБА в дневной период времени внутри жилого помещения п.6.3 СН 2.2.4 2.1.562-96, п.6.3 СП 51.13330.2011									31.06 дБА Превышение отсутствует	
Lмакс дневной период внутри помещения с учетом снижения существующими оконными конструкциями при открытых форточках для меблированных жилых комнат и рабочих кабинетов ΔLАок. = 15 дБА									37.40 дБА	
ПДУ 55дБА в дневной период времени внутри жилого помещения п.6.3 СН 2.2.4 2.1.562-96, п.6.3 СП 51.13330.2011									55 дБА Превышение отсутствует	
В р.т. превышения нет										

Таблица 2

Расчет акустического воздействия в точке № 2

Техника	*Время работы (час)*	*Уровни шума дБА, в соответствии с протоколом*		*Р.т. № 2*		*Р.т. № 2*			*Р.т. № 2*	
		$L_{экв}$, дБА	*$L_{мах}$, дБА*	*r , м (для экв)*	*r , м (для мах)*	*15*lgr/r0, дБА (для экв)*	*10*lg(t/T) (для экв)*	*20*lgr/r0 (для мах)*	*$L_{экв}$, дБА*	*$L_{мах}$, дБА*
*Вспомогательная техника (*r0 = 7.5 м, Т=16 ч)*										
Соломорезка	2	68	71	147	147	19,38	-9,03	25,85	39,59	45,15
Трактор	2	72	80	147	147	19,38	-9,03	25,85	43,59	54,15
Трактор	2	72	80	147	147	19,38	-9,03	25,85	43,59	54,15
$L_{сумэкв}=10\lg(10^{0.1L_i}+10^{0.1L_{i+1}} \dots +10^{0.1L_{i+n}})$ = 47.38дБА						*Максимальный уровень шума L, дБА* = 54.15 дБА				
$L_{экв}$ дневной период внутри помещения с учетом снижения существующими оконными конструкциями при открытых форточках для меблированных жилых комнат и рабочих кабинетов ΔLАок. = 15 дБА									32.380 дБА	
ПДУ 40дБА в дневной период времени внутри жилого помещения п.6.3 СН 2.2.4 2.1.562-96, п.6.3 СП 51.13330.2011									40 дБА Превышение отсутствует	
Lмакс дневной период внутри помещения с учетом снижения существующими оконными конструкциями при открытых форточках для меблированных жилых комнат и рабочих кабинетов ΔLАок. = 15 дБА									39.15 дБА	
ПДУ 55дБА в дневной период времени внутри жилого помещения п.6.3 СН 2.2.4 2.1.562-96, п.6.3 СП 51.13330.2011									55 дБА Превышение отсутствует	
В р.т. превышения нет										

Таблица 3

Расчет акустического воздействия в точке № 10

Техника	*Время работы (час)*	*Уровни шума дБА, в соответствии с протоколом*		*Р.т. № 10*		*Р.т. № 10*			*Р.т. № 10*	
		$L_{экв}$, *дБА*	$L_{мах}$, *дБА*	r, *м (для экв)*	r, *м (для мах)*	*15*lgr/r0, дБА (для экв)*	*10*lg(t/T) (для экв)*	*20*lgr/r0 (для мах)*	$L_{экв}$, *дБА*	$L_{мах}$, *дБА*
*Вспомогательная техника (*r0 = 7.5 м, Т=16 ч)*										
Соломорезка	2	68	71	37	37	10,40	-9,03	13,86	48,57	57,14
Трактор	2	72	80	37	37	10,40	-9,03	13,86	52,57	66,14
Трактор	2	72	80	37	37	10,40	-9,03	13,86	52,57	66,14
$L_{сумэкв}=10lg(10^{0.1L_i}+10^{0.1L_{i+1}} ... +10^{0.1L_{i+n}})$ = 56.37 дБА						*Максимальный уровень шума* L, *дБА* = 66.14 дБА				
Установка металлического забора высотой 4м снижение уровня шума на 10 дБА Lсумэкв =46,37 дБА										
Lэкв дневной период внутри помещения с учетом снижения существующими оконными конструкциями при открытых форточках для меблированных жилых комнат и рабочих кабинетов ΔLAок. = 15 дБА									31.37 дБА	
ПДУ 40дБА в дневной период времени внутри жилого помещения п.6.3 СН 2.2.4 2.1.562-96, п.6.3 СП 51.13330.2011									40 дБА Превышение отсутствует	
Lмакс дневной период внутри помещения с учетом снижения существующими оконными конструкциями при открытых форточках для меблированных жилых комнат и рабочих кабинетов ΔLAок. = 15 дБА									51.14 дБА	
ПДУ 55дБА в дневной период времени внутри жилого помещения п.6.3 СН 2.2.4 2.1.562-96, п.6.3 СП 51.13330.2011									55 дБА Превышение отсутствует	
В р.т. превышения нет										

Допустимые максимальный и эквивалентный уровни звука внутри жилой застройки определяются по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляют 55 и 40 дБА соответственно.

По результатам расчетов эквивалентные и максимальные значения шума, на территории непосредственно прилегающей к жилым домам в расчетной точке № 1, № 2, не превышают нормативные.

В расчетной точке № 10 эквивалентные значения уровня шума в дневное время не превышают предельно-допустимые при условии установки металлического забора высотой 4 м.

Расчетный уровень звукового давления на границе жилой зоны и на границе СЗЗ для фермы КРС ЗАО Племзавод «Заря» (д. Зимняк) Грязовецкого района Вологодской области не превышает допустимого значения уровня шума. Расчетный эквивалентный и максимальный уровень акустического воздействия соответствуют требованиям СН 2.2.4/2.1.8. 562-96 [2].

Представленные протоколы лабораторных исследований уровней шумового воздействия показали отсутствие превышений ПДУ по уровням шума.

Таким образом, по показателям акустического воздействия на прилегающую территорию выполненных расчетов и измерений, размер санитарно-защитной зоны предлагается принять до границы ближайшей жилой застройки 104 м от границ участка промышленной площадки (земельного участка с кадастровым номером 35:28:0301003:68).

Для корректировки СЗЗ предлагается проводить систематические натурные измерения. Систематические натурные измерения рекомендуется проводиться дирекцией фермы КРС, не реже 1 раза в год, по основному источнику – шумовому воздействию.

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов : Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020). – Текст : электронный.

2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : Санитарные нормы. – Москва : Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

3. Защита от шума в градостроительстве : справочник проектировщика. – Москва : Стройиздат, 1993.

4. Кулагина, Т. А. Теоретические основы защиты окружающей среды : учебное пособие / Т. А. Кулагина. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2003. – 332 с.

СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ГОРОДСКИХ ПОЧВ С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

А.М. Шакурова
Научный руководитель ***М.С. Розанова****, канд. биол. наук*
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
г. Москва

Состояние городских почв определяет экологическую обстановку в мегаполисе, так как именно почва становится «редуцентом» урбоэкосистем, преобразуя поступающие в неё загрязняющие вещества [1]. И органическое вещество (ОВ) почв может выступать характеристикой устойчивости почв в урбоэкосистемах, так как его свойства способны отразить состояние почвенной биоты и привнос органических загрязняющих веществ в почву [2].

Цель работы – оценка состояния и свойств ОВ верхних горизонтов городских почв с различной антропогенной нагрузкой.

Задачи работы:

1. Оценить содержание органического вещества (ОВ) верхних горизонтов почв, долю лабильного органического вещества в составе ОВ.

2. Оценить pH, содержание хлоридов и нефтепродуктов верхних горизонтов почв.

3. Оценить микробиологическую активность почв по показателям интенсивности дыхания (базальное и субстрат-индуцированное дыхание и углерод микробной биомассы).

Пробы верхних горизонтов почв были отобраны на территории МГУ с глубины 0–10 см в сентябре-октябре 2019 года. Пробы отбирались вблизи автомобильных дорог с разной нагрузкой на расстоянии 1 и 3 метра.

В работе использованы методы и определены показатели, рекомендованные для оценки качества городских почв.

1. Определение pH почвенной суспензии проводили при соотношении почва:вода 1:2,5 потенциометрически, pH-метр HANNA Instrument 8314 с комбинированным электродом HI 1230 (ГОСТ 26483-85; «Физико-химические методы…», 1980).

2. Нефтепродукты в почвах определяли по «Методике выполнения измерений массовой доли НП в почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии» ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 (1998). Метод определения НП в почвах заключается в экстракции НП из почв CCl4, хроматографическом отделении НП от сопутствующих органических соединений других классов на колонке с Al_2O_3, и количественным определении НП по интенсивности поглощения С-Н связей в ИК-области спектра при длине волны 3,42 мкм. Измерения проводили на спектрометре КН-3. В качестве стандарта был использован ГСО № 7554-99 (ГСО – трехкомпонентная смесь (состоящая из нормального алкана, изоалкана, ароматического углеводорода (бензола) (в соотношении 37,5 %, 37,5 %, 25 % соответственно)) НП в CCl_4).

3. Содержание Cl-ионов – аргентометрически по методу Мора. Объемный аналитический метод, основанный на реакциях осаждения хлорид-ионов катионами серебра с образованием малорастворимых соединений (ГОСТ 26425-85).

4. Содержание и состав ЛГВ почвы определены по методике Почвенного института им. В.В. Докучаева (Рекомендации для исследования баланса …, 1984) с предварительным компостированием.

5. Содержание Сорг в почвах и в вытяжках было определено методом Тюрина в модификации Никитина с титриметрическим окончанием. Метод основан на окислении ОВ раствором $K_2Cr_2O_7$ в H_2SO_4, избыток которого оттитровывается солью Мора (Орлов Д.С., Гришина Л.А., 1981).

6. Водноэкстрагируемый С определен по Ghani A.C. et al. (2003): при 16-ти часовой экстракция водой при 80 °C.

7. Базальное (PRmin, БД) и субстрат-индуцированное дыхание (SIR, СИД) определены по Ананьевой Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. (2011).

Измерения БД и СИД почвы выполнены в 3-х повторностях на хроматографе Кристалл-5000.2.

8. Углерод микробной биомассы рассчитан по Anderson T.H, Domsch K.H. (1978): МБ=Смикр*(мкгС-СО2/г почвы) = СИД*40,04+0,37

Проведенные исследования показали, что:

1. Содержание органического вещества в верхних горизонтах почв территории МГУ колеблется в широких пределах (от 3,71 % до 14,31 %), что характерно для городских почв. Высокие содержания ОВ связаны с подсыпками грунта при проведении работ по благоустройству территории. Относительное содержание лабильных гумусовых веществ колеблется от 2,67 до 21,59 %, в их составе преобладают ФК, относительное содержание водорастворимых соединений углерода оставляет от 0,63 до 3,14 %.

2. Верхние горизонты почв обследованной территории характеризуются значениями pH выше 7 (от 7,0 до 8,5), что связано с поступлением в почву карбонатной пыли, мраморной крошки с ПГР, что характерно для г. Москвы и описано в литературе. Содержание хлоридов не превышает 369 мг/кг, это максимальное значение соответствует точке, расположенной в низине на Мичуринской аллее. Содержание нефтепродуктов в фоновой почве не превышает 170 мг/кг. В зонах непосредственного влияния автотранспорта, даже при низкой транспортной нагрузке содержание нефтепродуктов в «молодых» горизонтах (возраст не более 0,5 года) начинает возрастать, достигая за 6 месяцев 490 мг/кг. За 5 лет при низкой транспортной нагрузке их содержание возрастает до 950 мг/кг. Попадание асфальтовой крошки на поверхность почв является одной из причин повышенного содержания нефтепродуктов в верхнем слое почвы в зоне с низкой транспортной нагрузкой. Содержание нефтепродуктов в асфальтовой крошке – 27,2 г/кг.

3. В фоновой почве содержание микробной биомассы 232 мкгС/г при содержании нефтепродуктов (170 мг/кг). В зоне с низкой автомобильной нагрузкой (рядом с Почвенным стационаром и факультетом Почвоведения) отмечается снижение содержания МБ, что может быть связано с неоднородностью «молодого» горизонта и частичным перемешиванием его с нижележащим горизонтом при смене газонного покрытия. На Менделеевской улице, в зоне со средней автомобильной нагрузкой, наряду с увеличением содержаний НП, содержание МБ колеблется в широких пределах от 95 до 200 мкгС/г почвы, что может быть связано с нивелированием влияния поллютанта внесением свежего органического грунта. На Университетском проспекте, в зоне высокой автомобильной нагрузки, отмечается устойчивое снижение содержания МБ при повышении содержания НП.

4. При возрастании транспортной нагрузки с повышением содержания НП происходит снижение относительного содержания лабильных гумусовых веществ (Слгв/Сорг) с 21–22 % в верхнем горизонте фоновой почвы до 2,67–16,59 % в верхних горизонтах почв на участках с разной нагрузкой; также

происходит снижение относительного содержания лабильных ГК от 10,2 % в фоновой почве до 1,4–8,2 % в почвах на участках с разной нагрузкой.

1. Васенев, В. И. Особенности экологического функционирования конструктоземов на территории Москвы и Московской области / В. И. Васенев, Н. Д. Ананьева, О. А. Макаров. – Москва : Почвоведение, 2012. – № 2. – С. 224–210.

2. Тейт, Р. Органическое вещество почвы : Биологические и экологические аспекты. – Москва : Мир, 1991. – 400 с.

3. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2019 году» // Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы: официальный сайт Мэра Москвы. – URL: http://www.dpioos.ru/eco/ru/**.** – Дата публикации: 09.07.2020.

ОБРАЩЕНИЕ С ТВЁРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ В МИКРОРАЙОНЕ «КВАРТАЛ 119» ГОРОДА КИРОВА

А.А. Бабина, С.Л. Евдокимова, Ю.Н. Зыкина
Научный руководитель ***Т.А. Мусихина****, канд. георг. наук, доцент*
Вятский государственный университет
г. Киров

Проблема отходов является одной из важнейших проблем современного общества и её актуальность с каждым годом возрастает. В нашей стране государственные и общественные организации ведут активную работу по налаживанию системы утилизации твёрдых коммунальных отходов (ТКО), однако их количество не снижается. Одним из решений по снижению количества захораниваемых ТКО является организация селективного сбора отходов с целью дальнейшего их вторичного использования.

Ежегодно в России по статистике Росприроднадзора образуется более 5 млрд тонн всех видов отходов, из них ТКО приблизительно 60 млн тонн. Вторичной переработке подвергается около 7–8 % от всех получаемых ТКО, остальной их объём все еще отправляется на захоронение или сжигание.

В исследовании проведен детальный анализ системы обращения с отходами на примере микрорайона города Кирова «Квартал 119» в период с 2017 по 2020 год, который автономен, т.е. отделён от других районов автомагистралями и крупными объектами общего пользования. Квартал расположен внутри улиц Московской – Лепсе – Ломоносова – Студенческий проезд. Количество проживающего населения – 4500 чел., объектов социнфраструктуры – более 30, промышленных объектов нет.

Цель исследования – разработать предложения по улучшению существующей системы обращения ТКО в микрорайоне «Квартал 119» города Кирова.

Задачи:

1) изучить нормативно-правовое обеспечение обращения ТКО;

2) изучить и обследовать систему сбора ТКО в исследуемом микрорайоне, в том числе относительно опасных отходов, образующихся от населения;

3) выполнить сравнительный анализ системы сбора ТКО в «Квартале 119» за период с 2017 по 2020 год;

4) исследовать инфраструктуру бытового обслуживания населения на предмет сбора образующихся ТКО;

5) разработать рекомендации по улучшению ситуации обращения ТКО.

Анализ системы сбора ТКО в микрорайоне «Квартал 119»

Согласно Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» за каждым субъектом федерации должен быть закреплен региональный оператор [1]. Так, например, в Кировской области таковым является АО «Куприт». Региональный оператор является основным субъектом реализации территориальной схемы обращения с ТКО [2]. За период с 2017 год по 2020 год в исследуемом микрорайоне практически не изменилось количество контейнерных площадок – 13 шт., их местоположение и обустройство. Однако со всех площадок были убраны контейнеры для раздельного сбора отходов, а новых не размещено, поскольку единая политика по раздельному сбору ТКО в городе отсутствует.

Визуальный осмотр территории показал, что имеется загрязнение территории мелкими разлетевшимися отходами вблизи контейнера крупно габаритных отходов (КГО), что говорит об использовании контейнера не вполне по назначению. Несанкционированных мест складирования мусора ни в 2017 году, ни в 2020 году на территории обнаружено не было, что указывает на то, что существующее местоположение контейнерных площадок рациональное и объем баков достаточен.

Практически у всех субъектов социнфраструктуры микрорайона отсутствуют специальные контейнеры для ТКО, кроме ООО «Данар», что говорит о необходимости контроля за их деятельностью относительно заключения договоров с региональным оператором. В сложившейся ситуации вывоз ТКО, образующихся у этих объектов, оплачивает население близлежащих домов.

Обращение с опасными отходами

Во время наблюдения было выявлено отсутствие мест организационного сбора опасных отходов 1–2 классов опасности, образующихся у населения и объектов социнфраструктуры, что способствует размещению опасных отходов в обычные контейнеры ТКО. К опасным бытовым отходам относят ртутные лампы, градусники, батарейки и т.д. Их сбор и утилизация должна проводиться отдельно, при этом в России назначен федеральный оператор по обращению отходов 1–2 класса опасности – РосРАО.

Предложения по организации раздельного сбора отходов

Для изучения уровня информированности населения «Квартала 119» о возможностях сортировки коммунальных отходов и готовности граждан принять участие в первичной сортировке ТКО был использован социологический опрос. Подавляющее большинство опрашиваемых знакомо с проблемой раздельного сбора отходов и готовы принять участие в сортировке ТКО (около 79 % респондентов ответили положительно на данный вопрос).

Мы выяснили, что население микрорайона «Квартал 119» готово к раздельному сбору мусора, но в данный момент отсутствуют специальные места для сбора отходов. Жители микрорайона пытаются сортировать отходы, однако отсутствие специального пункта приема отходов значительно усложняет сортировку и ухудшает эстетический вид жилых домов.

Практика других городов, например Чебоксар, показала, что даже при наличии мусоросортировочной станции в городе, отходы лучше сортировать дома и изначально складировать отдельно в чистом виде до перемешивания и попадания их на сортировочную станцию. В Чебоксарах пятилетний опыт работы мусоросортировочной станции позволил сделать вывод, что только 10 % полезных продуктов–ресурсов выделяется, остальные ТКО размещаются на полигоне.

Для улучшения ситуации мы предлагаем располагать в микрорайонах так называемые «Утиль-маркеты», где население может сдать востребованные ресурсосодержащие отходы, в том числе за определенную плату, что будет способствовать снижению их платы на вывоз ТКО. В нашем случае возможность размещения по санитарным нормативам подтверждается положением СанПиН [3], где объект классифицируется как «склады, перегрузка и хранение утильсырья без переработки» и имеет санитарно-защитную зону (СЗЗ) размером 50 м. В этом помещении можно разместить специальные контейнеры для сбора опасных отходов от населения, а также отходов, захоронение которых на полигонах запрещено согласно Распоряжению Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается» [4].

Заключение

Для того, чтобы улучшить ситуацию по повышению доли перерабатываемых отходов, мы предлагаем расположить на территории «Квартала 119» специальное помещение – «Утиль-маркет», куда жители микрорайона смогут сдавать отходы, подлежащие дальнейшему использованию или переработке, чтобы предотвратить попадание ресурсосберегающих отходов на полигон. Местоположение помещения определено исследованием маршрутов движения населения в утренние часы и возможностью организации СЗЗ.

1. Об отходах производства и потребления : Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 07.04.2020) (с изменениями и дополнениями, вступил в силу с 14.06.2020). – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020).

2. Территориальная схема обращения с отходами Кировской области : утвержден распоряжением Правительства Кировской области от 29 июля 2020 года N15. – URL: http://docs.cntd.ru/document/570877344 (дата обращения: 14.10.2020). – Текст : электронный.

3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Постановление от 25 сентября 2007 года N 74. О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изменениями на 25 апреля 2014 года). – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020).

4. Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 июля 2017 года N 1589-р. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2020).

НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТОРФА

Ю.А. Дурягина, О.С. Юхтарова
Научные руководители: ***Л.М. Воропай****, канд. хим. наук, доцент,*
О.Б. Кузнецова*, канд. хим. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В современной строительной индустрии для создания комфортных условий, снижения энергетических и материальных затрат при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений используют разные виды композиционных теплоизоляционных материалов (ТИМ), отличительными характеристиками которых являются высокая пористость, низкая теплопроводность и средняя плотность. Это позволяет использовать их не только в качестве теплоизоляторов, но и звукопоглощающих материалов.

В промышленности в качестве теплоизоляторов используют вещества природного, искусственного и синтетического происхождения (древесину, растительное сырье волокнистого строения, жидкие и твердые синтетические полимеры). В качестве вяжущих веществ применяют гипс, известняки, туфы, портландцемент, гашеную и негашеную известь, а также пыль строительных производств. В последние годы вместо минеральных вяжущих веществ используют полимеры – вещества органического происхождения [1, 2].

Целью данной работы является разработка нового состава ТИМа на основе природного сырья Вологодской области: торфа и известняков.

Для изготовления ТИМов использовали торф месторождения «Маега», а также известняки месторождения «Белый-Ручей» Вологодской области.

На первом этапе были определены свойства торфа. При производстве ТИМов в качестве сырья используют низинный и верховой торф. Они отличаются степенью разложения, химическим составом и это необходимо учитывать при выборе сырья. Образцы торфа, взятого из четырех мест месторождения «Маега», тестировали на их вид, степень разложения, влажность, зольность, содержание органических веществ и значение pH водной вытяжки и рассчитывали их среднее (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики верхового торфа месторождения «Маега»

№ образца	Вид торфа	Влажность, W, %	Зольность, %	Содержание органических веществ, %	pH вытяжки
1	Сосново-кустарничковый	12,82	11,78	88,22	6,1
2		12,92	11,79	88,21	6,2
3		12,94	11,86	88,14	6,1
4		12,88	11,87	88,13	6,1
		12,89	11,82	88,17	6,12

Торф является слабо разложившимся, относится к сосново-кустарничковому виду, содержит неразложившиеся пористые остатки корневой системы растений, которые выполняют функцию остова при получении композита.

Химический состав негашеной извести устанавливали после прокаливания при температуре 450–520 ºС образцов известняка, взятых на разной глубине в 6 разных местах месторождения «Белый-Ручей». Было определено среднее содержание оксидов кальция (89,1 %), магния (1,3 %), железа (2,2 %), алюминия (1,8 %) и кремния (3,2 %), 2,4 % составляют неустановленные примеси. Результаты представлены на рисунке.

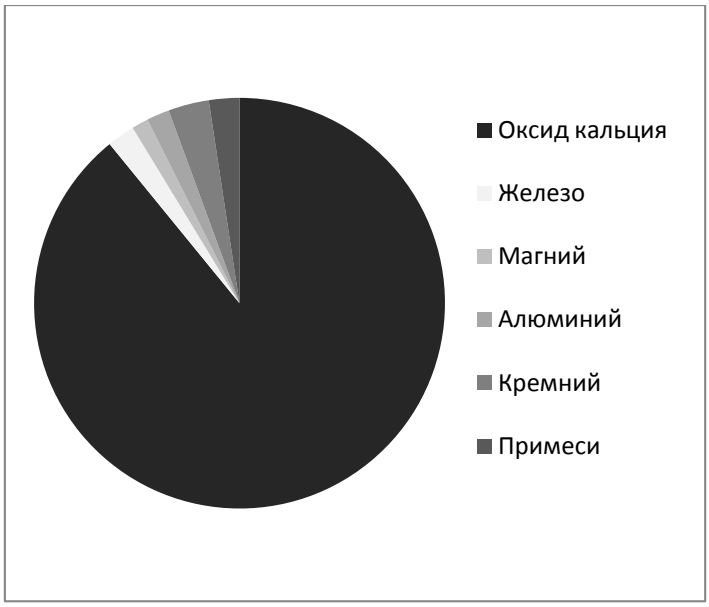


Рис. Химический состав проб известняков после прокаливания

Таким образом, было доказано, что верховой торф месторождения «Маега» и известняк Бело-Ручейского месторождения за счет высокого содержания оксидов кальция и магния, обладают вяжущими свойствами и могут быть использованы для получения ТИМов.

На втором этапе подбирали условия получения образцов теплоизоляционных материалов. По установленному химическому составу негашеной извести определяли количество паров воды и углекислого газа, необходимых для процесса схватывания негашеной извести. При этом учитывали содержание несвязанной воды торфа. Экспериментально установлено, что верховой торф после обработки водой и углекислым газом при последующем к нему добавлению негашеной извести создает более упорядоченную равномерную структуру композита после схватывания. Определено оптимальное значение степени пропитки торфа водой и углекислым газом – 28,0–30,0 % от массы сухой навески торфа.

Таким образом, была доказана необходимость пропитки торфа парами воды и углекислого газа

Далее при постоянном перемешивании к обработанному парами воды и углекислым газом торфу добавляли концентрированную эмульсию негашеной извести, с последующим трехчасовым выдерживанием на воздухе при комнатной температуре для процессов схватывания и структурообразования.

Образцы после стабилизации на воздухе подвергали термической обработке при температуре 100–105 ºС в течение 30 минут для завершения структурообразования и удаления избытка не прореагировавшей воды

Таким образом, были получены образцы ТИМов с разным химическим составом.

На третьем этапе полученные образцы композита подвергали тестированию. Определяли показатели качества – коэффициент теплопроводности, призменную прочность, удельную плотность, токсичность (табл. 2).

Таблица 2

Результаты тестирования опытных образцов композита

Характеристики	№ образца						
	1	2	3	4	5	6	7
Средняя плотность, кГ/м^3	231	248	259	273	318	352	401
Коэффициент теплопровод ности, Вт/м·ºС	0,033	0,038	0,041	0,054	0,061	0,065	0,068
Прочность при сжатии, МПа	2,44	2,70	3,02	3,10	3,30	3,32	3,36
Индекс токсичности	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Четвертый этап включал сравнение характеристик, полученных образцов с результатами тестирования образцов, содержащих трехкомпонентный органический полимер. Далее находили зависимость между химическим составом и эксплуатационными характеристиками.

Результаты исследования показали, что выход продукта зависит от содержания торфа и негашеной извести в исходной смеси.

С уменьшением содержания в композите влажного торфа от 86 % до 42 % и при увеличении содержания негашеной извести от 14 % до 58 % выход композита увеличивается с 69,2 % до 88,9 %.

При уменьшении содержания торфа с 86 до 42 % и при увеличении содержания негашеной извести от 14 до 58 % наблюдается увеличение средней плотности образцов от 231 до 401 кГ/м^3. Таким образом, образцы № 1, 2, 3 соответствуют требованиям ГОСТ 4861-74 [3], согласно которому показатель плотности должен составлять 170–260 кГ/м^3. При увеличении содержания торфа от 42 до 86 % и уменьшении содержания негашеной извести от 58 до 14 % уменьшаются значения коэффициента теплопроводности от 0,068 до 0,033 Вт/м·ºС.

При дальнейшем увеличение содержания негашеной извести от 50 до 58 % коэффициент теплопроводности изменяется незначительно.

Полученные значения коэффициента теплопроводности для образцов 1, 2, 3 меньше значений коэффициента теплопроводности показателей ГОСТ 4861-74. Поэтому полученные образцы обладают высокими теплоизоляционными свойствами и их можно использовать в качестве теплоизоляторов.

Установлено, что при уменьшении содержания торфа от 86,0 до 42,0 % и при увеличении содержания негашеной извести от 14,0 до 58,0 % увеличивается прочность при сжатии образцов от 2,44 до 3,36 МПа. Для образцов композитов 1 и 2 показатели прочности ниже допустимых значений ГОСТ 4861-74 (3-4 кГ/м^3).

Для всех полученных образцов композитов экспрессивным и длительным методами анализа определяли индекс токсичности. Показатели свидетельствуют, что все образцы – нетоксичны; индекс токсичности меньше 0,5.

Из семи полученных образцов разного химического состава можно выделить образец 3, содержащий 29 % негашеной извести и 71 % процентов увлажненного торфа. При выходе композита 81,2 % коэффициент теплопроводности составляет 0,041 ВТ/м·ºС, при средней плотности образца 259 кГ/м^3 и прочности при сжатии – 3,02 МПа, что соответствует требованиям ГОСТ к теплоизоляционным материалам.

Таким образом, замена гипса на негашеную известь, исключение из состава древесных опилок и полимера вызывает уменьшение средней плотности образцов и коэффициента теплопроводности при сохранении прочностных характеристик при более простой технологической схеме получения образцов. Это является преимуществом трехкомпонентного композита.

Результаты исследования свойств природных доступных материалов: верхового торфа, взятого из торфяников «Маега» Вологодского района и негашеной извести, полученной из известняков Бело-Ручейского месторождения Вытегорского района Вологодской области доказывают возможность их использования для производства теплоизоляционных материалов.

1. Патент 90090 Российская Федерация, МПК Е 04В 1/76. Торфодревесное теплоизоляционное изделие [Текст] / Н.О. Копаница, В.Н. Сафронов, М.А. Ковалева; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «ТГАСУ». – № 2009113737/22; заявл. 13.04.2009; опубл. 27.12.2009, бюл. №36.

2. Патент 2333173 Российская Федерация, МПК С 04 В 26/00. Теплоизоляционная масса [Текст] / В. И. Суворов, Н. Л. Соловьев, К. Л. Шахматов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственный технический университет». – № 2006129082/03; заявл. 10.08.2006; опубл. 10.09.2008, бюл. №25.

3. ГОСТ 4861-74. Плиты торфяные теплоизоляционные : введен 01.07.1975. – Москва : Издательство стандартов, 1981. – 14 с.

Секция «БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ»

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АККУМУЛЯЦИИ МЕДИ И ЦИНКА В МЫШЦАХ ЩУКИ

Д.С. Денисова, И.Д. Никонова
Научный руководитель ***М.А. Назарова****, канд. биол. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Наиболее распространенной группой опасных соединений, поступающих в больших количествах в природные воды, которые имеют широкое использование в промышленных и хозяйственных целях, являются тяжелые металлы [1]. Будучи химически вредными веществами, они обладают способностью мигрировать между различными природными компонентами, что связано с формами их существования и отличительными физико-химическими особенностями [2].

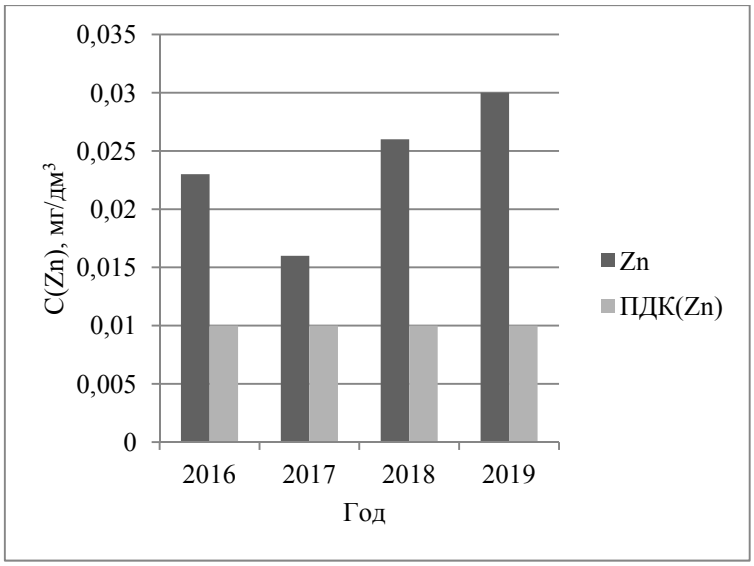
Тяжелые металлы способны оказывать значительное влияние не только на водные объекты, но и на обитающих в их пределах гидробионтов, поскольку те могут накапливать данные элементы в органах и тканях на протяжении длительного времени. Повышенное содержание поллютантов в воде определяет их аккумуляцию в рыбах, особенно хищных. Впоследствии у водных организмов отмечается развитие патологий и нарушение процессов жизнедеятельности. В этом и заключается актуальность проводимого исследования [3].

Цель данной работы состояла в установлении содержания тяжелых металлов, а именно меди и цинка, в мышечной ткани хищной рыбы, и в выявлении особенностей кумуляции разных металлов.

Исходя из цели, решались следующие задачи: определить содержание меди и цинка в мышцах хищной рыбы с последующим выявлением их количественного соотношения; установить закономерности кумуляции указанных тяжелых металлов в ткани рыбы в зависимости от их концентрации в воде.

В качестве объекта исследования была выбрана щука обыкновенная (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), выловленная с помощью невода в акватории Кубенского озера в осенний период. Возраст исследуемых образцов рыб составлял 4+ – 8+.

В поверхностных водах Кубенского озера в период с 2016 по 2019 гг. отмечалось повышенное содержание цинка и меди в сравнении с величинами ПДК (рис. 1). Для территории Вологодской области такие показатели характерны и связаны с природными особенностями водных объектов, особенностями почв и антропогенной нагрузкой.



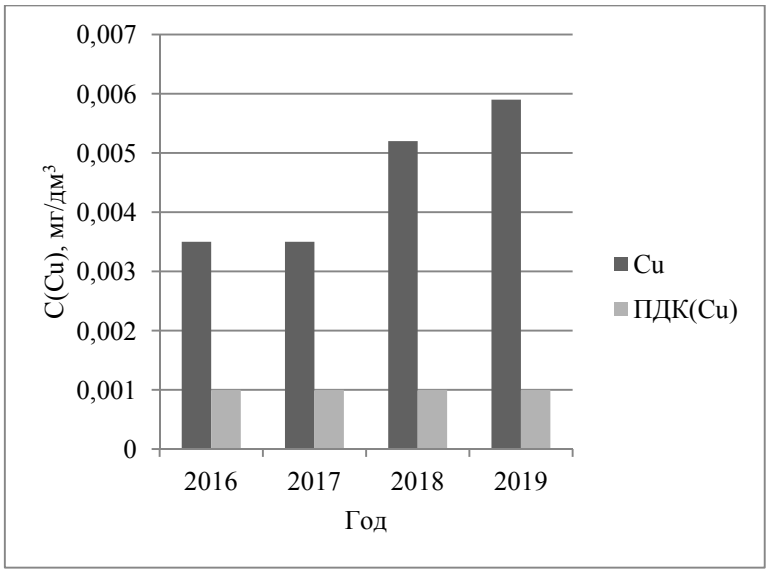


Рис. 1. Содержание цинка и меди в Кубенском озере (2016–2019 гг.)

Для определения концентрации цинка и меди применялся инверсионно-вольтамперометрический метод анализа как один из вариантов полярографии, состоящий из следующих этапов: электролиз индифферентного раствора, концентрирование металла на поверхности электрода и его последующее растворение. Обработка данных проводилась с применением компьютерной программы Polar.

В ходе экспериментального исследования обнаружено, что в образцах мышечной ткани щуки (*E. lucius*) концентрация меди превышала установленное значение ПДК примерно в 1,8 раза, а для цинка величина отличалась от требований гигиенического норматива в 1,44 раза. Если сравнивать количественное соотношение этих поллютантов, то можно отметить, что цинк превалирует над медью в 3,13 раза. Полученные результаты можно объяснить следующим образом.

Гидробионты, оставаясь в своей естественной среде, долгое время подвергаются воздействию находящихся в составе воды тяжелых металлов. Те, в свою очередь, обладая высокой способностью к кумуляции в органах и тканях рыбы, накапливаются в организмах. Медь, в отличие от цинка, легче вступает в реакцию с белком металлотионеином с образованием комплексного соединения, благодаря чему данный поллютант проникает в печень и в большинстве своем накапливается в ней. Этот орган считается основным местом сосредоточения меди. Отсюда следует, что в мышечной ткани щуки (*E. lucius*) содержание отмеченного тяжелого металла в свободной форме значительно меньше, чем цинка (рис. 2).

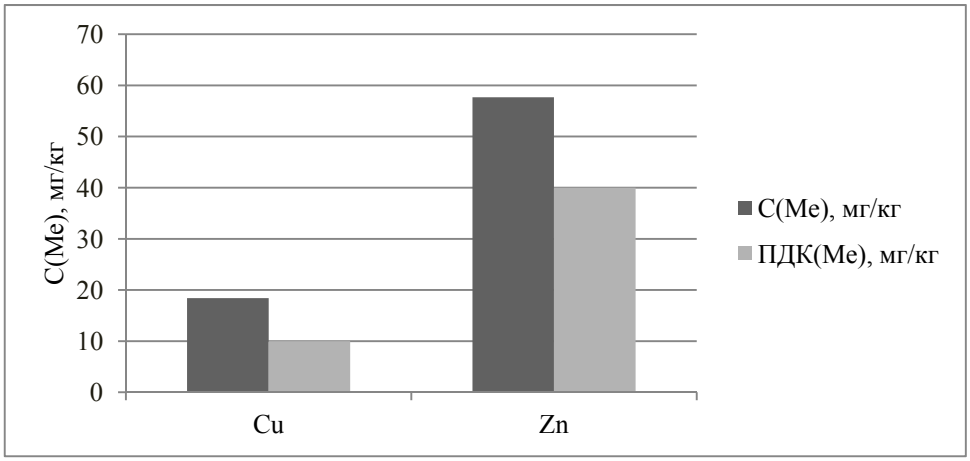


Рис. 2. Среднее содержание цинка и меди в мышцах щуки обыкновенной (4+ – 8+)

Для установления биологической доступности тяжелых металлов и их возможности аккумулироваться в мышечной ткани щуки (*E. lucius*) проводили расчет коэффициента биологического поглощения (КБП), представляющего собой отношение металла в сырой массе рыбы к концентрации элемента в воде. Как видно из диаграммы (рис. 3), медь и цинк в совокупности характеризуются высокой степенью накопления из вод Кубенского озера. Можно предположить, что пониженное содержание меди относительно цинка в воде способствует более активному депонированию данного элемента с учетом его присутствия в организме рыбы. Однако КБП позволяет допустить, что при увеличении концентрации меди в водном объекте в размерах, превышающих количество цинка, приведет к лучшему усвоению меди в организме рыбы, и данный металл будет преобладать в количественном отношении над цинком. Из этого следует, что чем меньше содержание поллютанта в воде и в ткани гидробионта, тем выше его биологическая доступность.

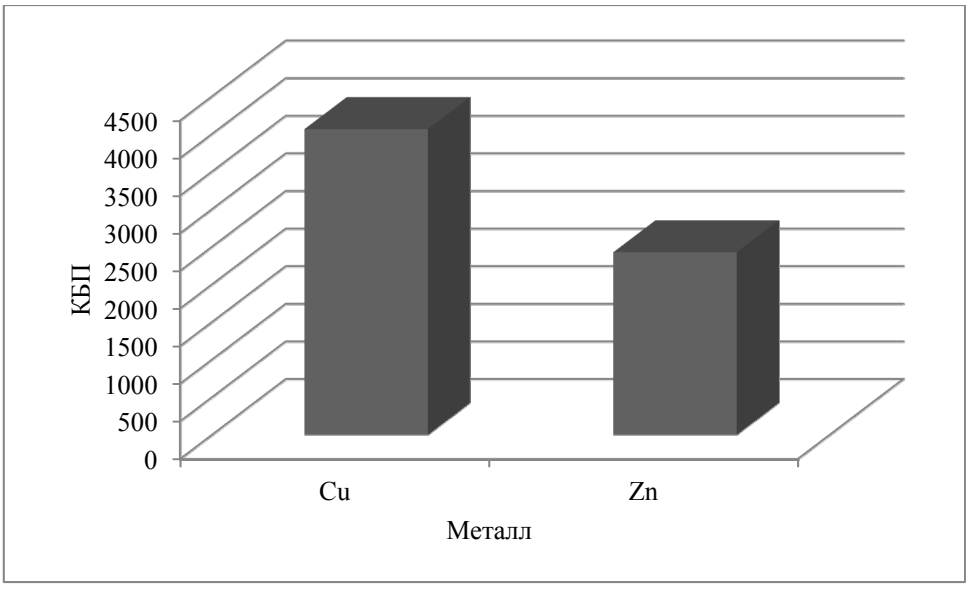


Рис. 3. Значение КБП для меди и цинка

Таким образом, в водах Кубенского озера прослеживается повышенное содержание меди и цинка, которое носит фоновый характер и усугубляется поступлением коммунально-бытовых, сельскохозяйственных и промышленных стоков в водный объект. В мышечной ткани щуки (*E. lucius*) как представителя хищных рыб сосредоточено большое количество тяжелых металлов, содержание которых находится в прямой зависимости от их концентрации в воде и особенностей питания.

1. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах : монография / О. А. Давыдова, Е. С. Климов, Е. С. Ваганова, А. С. Ваганов. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 167 с.

2. Иванова, К. Г. Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / К. Г. Иванова, Е. О. Ляш // Безопасность городской среды. – 2017. – № 1. – С. 98–101.

3. Фомина, А. С. Результаты патоморфологических исследований рыб Братского водохранилища / А. С. Фомина // Труды Института биологии внутренних вод РАН. – 2019. – № 87. – С. 41–50.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ТРОФИЧЕСКОЙ ДИВЕРСИФИКАЦИИ У ЛЖЕОСМАНОВ *SCHIZOPYGOPSIS* В ОЗЕРЕ ЯШИЛЬКУЛЬ (ТАДЖИКИСТАН)

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант №19-14-00218

А.С. Комарова
Научный руководитель ***Б.А. Лёвин****, канд. биол. наук*
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
п. Борок

Разделение трофических ресурсов является одним из основных факторов адаптивной радиации и видообразования в условиях симпатрии. Трофический полиморфизм как предпосылка трофической специализации и дивергенции ниш достаточно хорошо изучен на примере арктических гольцов, сиговых и цихлид [6, 9, 13]. Среди карповых рыб также имеются достаточно яркие примеры адаптивной радиации с разделением трофических ресурсов (например, крупные африканские усачи рода *Labeobarbus* [8, 10]).

Лжеосманы, принадлежащие к роду *Schizopygopsis,* представляют собой достаточно богатую видами группу рыб, включающую 17 видов подсемейства Schizothoracinae (Cypriniformes: Cyprinidae) и распространенную на Тибете, в Гималаях и Памире.

Трофические экоморфы лжеосмана отмечены в двух водоемах бассейна Амударьи: озере Яшилькуль и озере Сарезское в Таджикистане [4, 7]. Попов в 1968 г. описал три симпатрические формы из озера Яшилькуль: речную (растительноядную), илоядную (детритоядную) и хищную (рыбоядную) [4]. В питании речной формы преобладала высшая водная растительность с единичными водными беспозвоночными (Chironomidae, Gastropoda). Детритоядная форма потребляла перифитон с сопутствующим бентосом. Крупные хищники питались преимущественно рыбой и макрофитами, в то время как диета молодых особей этой формы была близка к таковой у речной экоморфы. Позднее Савваитова с соавторами в 1988 г. установили четыре формы лжеосмана: помимо трех описанных ранее форм, была обнаружена ещё одна – моллюскоядная [7].

Разделение трофических ресурсов, имеющее место в случае яшилькульского лжеосмана, представляет существенный научный интерес по двум причинам. Во-первых, формообразование лжеосманов в оз. Яшилькуль очень молодого возраста. Озеро возникло в результате завала русла р. Гунт (Аличур), которое произошло во время землетрясения около 800 лет назад [1]. Тем не менее за столь малый по эволюционным меркам срок в озере начался процесс формообразования, который сопровождается освоением новых трофических ниш. Во-вторых, лжеосманы, будучи широко распространенными на Памире, в Гималаях и Тибете, имеют достаточно узкую пищевую специализацию – пе-

рифитонофагию. Данная пищевая стратегия сопровождается определенными морфологическими адаптациями: в частности, расширенным ртом с нижней челюстью, модифицированной в скребок и длинным кишечником [11, 12]. Обычно при адаптивной радиации специализированные формы происходят от генерализованной, то есть неспециализированной, всеядной формы. Характерно, что в случае лжеосманов узкая пищевая специализация не помешала возникновению новых пищевых стратегий.

Цель настоящего исследования – проверить гипотезу о разделении трофических ресурсов симпатрическими формами лжеосмана в озере Яшилькуль.

Материалы и методы исследования. Сбор ихтиологического материала проводили в июле 2019 г. в оз. Яшилькуль (Таджикистан, Памир). Озеро Яшилькуль расположено в западной части Аличурской долины, на высоте 3734 м н.у.м. Длина озера составляет 24,6 км, ширина – 3,6 км, максимальная глубина – 52 м. Помимо лжеосмана в озере зарегистрированы два местных вида рыб: тибетский голец *Triplophysa stolickai* (Steindachner, 1866) и обыкновенная маринка *Schizothorax intermedius* McClelland & Grifth, 1842. Всего было отобрано 34 экз. рыб со стандартной длиной (SL) от 166 до 382 мм. После извлечения кишечника измеряли его полную длину. Содержимое кишечников обсушивали на фильтровальной бумаге и взвешивали. Затем приступали к качественной и количественной обработке пищевого комка [2]. Компоненты питания идентифицировались до уровня отряда и/или семейства [3]. Для оценки содержимого кишечников рассчитаны показатели: соотношение в пищевом рационе таксономических групп по массе (P, %), частота встречаемости (F, %) и индекс относительной значимости (IR – index of relative significance) [5].

Результаты. Наше исследование подтвердило, что несколько симпатрических экоморф лжеосмана, выявленных Поповым [4] и Савваитовой с соавт. [7], всё ещё встречаются в озере Яшилькуль. По ряду морфологических признаков, в том числе по форме рта, мы определили экоморфы лжеосмана как бентоядную, растительноядную, рыбоядную и детритоядную (рис.).

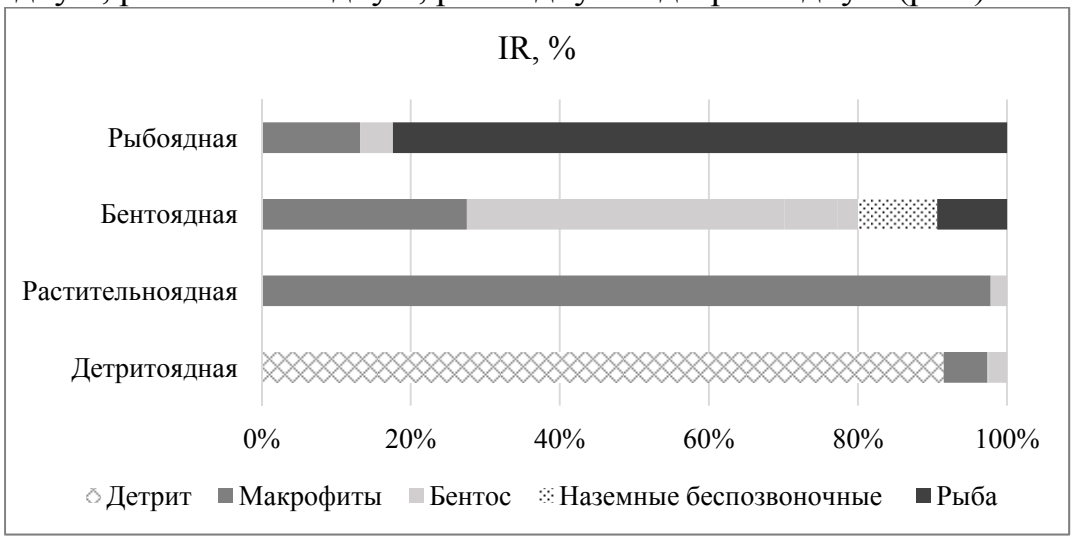


Рис. Пищевой спектр (IR, %) исследуемых форм лжеосмана оз. Яшилькуль

Анализ содержимого кишечных трактов лжеосмана показал, что в пищевом спектре отмечены макрофиты, водоросли, детрит, беспозвоночные (насекомые, паукообразные, ракообразные, двустворчатые и брюхоногие моллюски) и позвоночные животные (рыбы).

Детритофаги (14 экз., 206–325 мм SL) имели самый длинный кишечник по сравнению с другими экоморфами, относительная длина которого в среднем составила 377 % SL (260–500 %). Основу пищевого комка (более 90 % IR) составлял ил/детрит, около 6 % приходилось на макрофиты, среди которых отмечались харовые и кладофоровые водоросли (рис.). Среди бентосных беспозвоночных (2,64 % IR) отмечены представители следующих таксономических групп: Amphipoda, Chironomidae, Gastropoda, Bivalvia, Ostracoda. Кроме того, в кишечниках единично отмечены представители Copepoda и Hydracarina.

Ихтиофаги (3 экз., 299–382 мм SL). Длина кишечника рыбоядной формы была наименьшей среди всех экоморф, варьировалась от 194 до 272 % SL (в среднем 239 %). В кишечниках двух особей отмечена молодь и переваренные остатки рыб (лжеосмана и тибетского гольца), кишечник третьей – заполнен моллюсками и харовыми водорослями (рис.).

Бентофаги (14 экз., 166–312 мм SL) имели длину кишечника, которая в среднем составляла 281 % SL (207–424%). По индексу относительной значимости 63,1 % всего пищевого комка приходится на беспозвоночных животных, как водных (IR–52,5 %), так и наземно-воздушных (IR–10,6 %). Среди водных беспозвоночных отмечены представители следующих таксономических групп: Chironomidae, Amphipoda, Copepoda, Trichoptera, Ostracoda, Bivalvia, Gastropoda (рис.). Наземно-воздушные беспозвоночные представлены классами насекомых и паукообразных. Среди насекомых встречены имаго представителей отрядов: Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera. Доля макрофитов по индексу относительной значимости составила 27,5 %. У двух особей отмечены переваренные остатки рыб (предположительно гольцов) (IR – 9,4 %).

Фитофаги (2 экз., 283 и 364 мм SL). Особи данной формы имели наибольшую длину кишечника: 287 % и 307 % SL соответственно. Доминирующим компонентом питания является высшая водная растительность (IR–97,8 %). Макрофиты в основном представлены харовыми водорослями, которые плотно заполняли кишечники на всем их протяжении. На долю остальных компонентов по индексу относительной значимости приходится менее 3 %, к ним относятся представители следующих таксономических групп: Chironomidae, Hydracarina, Amphipoda, Gastropoda, Bivalvia, Ostracoda, Trichoptera (рис.). Данные группы беспозвоночных вероятно ассоциированы с макрофитами и обитают в их зарослях.

Заключение. В отличие от предыдущего исследования Савваитовой с соавт. [7], мы не обнаружили моллюскоядной формы лжеосмана. Вместо этого

определили другую экоморфу, чей рацион в основном состоит из бентоса (включая также моллюсков) и небольшой доли наземных беспозвоночных, которые вероятно попадали на поверхность воды и становились дополнительной добычей в летние месяцы. Отсутствие моллюскоядной формы в нашей выборке можно объяснить двумя причинами: 1) ограниченность выборки; 2) возможно, рацион моллюскоядной формы лжеосмана за последние три десятилетия изменился в сторону более широкого спектра бентических организмов. При описании данной формы Савваитовой с соавт. [7] был отмечен низкий уровень её специализации. Помимо моллюсков в пищевом спектре часто отмечали макрофитов. Таким образом, мы приходим к выводу, что если моллюскоядная форма всё ещё присутствует в озере, то в дополнении к известным четырем формам появилась ещё одна – бентоядная (с широким спектром питания).

Стоит отметить, что рацион отдельных особей разных экоморф перекрывается, часть анализируемых форм была представлена единичными особями, поэтому представленные выше данные следует рассматривать в качестве предварительных и требующих дополнительных исследований для уточнения трофических взаимоотношений симпатрических форм лжеосмана в оз. Яшилькуль.

За помощь в организации исследований мы благодарим О. Артаева, Н. Мирзоева, R. Thoni, а также сотрудников национального парка «Озеро Яшилькуль».

1. Ахроров, Ф. Донная фауна водоемов Памира (Биология, экология, продукция и генезис) : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Ф. Ахроров. – Душанбе, 2001 – 298 с.

2. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / под редакцией Е. В. Боруцкого. – Москва : Наука, – 1974. – 254 с.

3. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / ответственный редактор Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1977. – 510 с.

4. Попов, А. В. Морфофункциональные адаптации лжеосмана *Schizopygopsis stoliczkai* Steind. в оз. Яшилькуль / А. В. Попов // Вопросы ихтиологии. – 1968. – Вып. 1 (48). – С. 15–30.

5. Попова, О. А. О комплексных индексах при изучении питания рыб / О. А. Попова, Ю. С. Решетников // Вопросы ихтиологии. – 2011. – Т. 51, № 5. – С. 1–6.

6. Решетников, Ю. С. Экология и систематика сиговых рыб / Ю. С. Решетников – Москва : Наука, 1980. – 300 с.

7. Савваитова, К. А. Формообразование и структура вида лжеосман-нагорец *Schizopygopsis stoliczkai* в водоемах Памира / К. А. Савваитова,

А. Ю. Шанин, И. А. Веригина // Вопросы ихтиологии. – 1988. – Т. 28, вып. 6. – С. 896–906.

8. Adaptive radiation of barbs of the genus *Labeobarbus* (Cyprinidae) in an East African river / B.A. Levin, M. Casal-Lopez, E. Simonov, Y.Y. [et. al.] // Freshw. Biol. – 2019. – Vol. 64. – P. 1721–1736. DOI: 10.1111/ fwb.13364

9. Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* complex, in Transbaikalia / S. S. Alekseyev, V. P. Samusenok, A. N. Matveev, M. Y. Pichugin. // Env. Biol. Fish. – 2002. – Vol. 64. – P. 97–114. DOI: 10.1023/A:1016050018875

10. In the rivers: Multiple adaptive radiations of cyprinid fishes (*Labeobarbus*) in Ethiopian Highlands / B.A. Levin, E. Simonov, Y.Y. Dgebuadze // Sci. Rep. – 2020. –Vol. 10. – Art. 7192. DOI: 10.1038/s41598-020-64350-4

11. Levin, B. A. New data on morphology of the African scraping feeder *Varicorhinus beso* (Osteichthyes: Cyprinidae) with the special reference to specialized traits / B.A. Levin // J. Ichthyol. – 2012. – Vol. 52. – P. 908–923. DOI: 10.1134/S0032945212110069

12. Matthes, H. A Comparative Study of the Feeding Mechanisms of Some African Cyprinidae (Pisces, Cypriniformes) / H. Matthes // Bijdr. Dierk. – 1963. – Vol. 33. – P. 1–35. DOI: 10.1163/26660644-03301001

13. The onset of ecological diversification 50 years after colonization of a crater lake by haplochromine cichlid fishes / F.N. Moser, J.C. van Rijssel, S. Mwaiko, J.I. Meier, B. Ngatunga, O. Seehausen // Proc. Biol. Sci. – 2018. – Vol. 285. – Art. 20180171. DOI: 10.1098/rspb.2018.0171

ОПТИМАЛЬНАЯ МАССА НАВЕСКИ ЛИШАЙНИКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ

Я.М. Кормилицына
Научный руководитель ***И.А. Мухин****, канд. биол. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

С середины XIX в. лишайники используются для определения загрязнения атмосферного воздуха. Лихеноиндикация является информативным, достаточно дешевым методом биоиндикации. Лишайники реагируют даже на слабые нагрузки в условиях хронического антропогенного воздействия, отражают состояние окружающей среды в целом. У лишайников способность к биоаккумуляции выше, чем у большинства сосудистых растений. Они чувствительны к атмосферным загрязнениям и способны накапливать загрязняющие вещества долгое время [1–3].

Химическое загрязнение окружающей среды, в том числе тяжелыми металлами, занимает ведущую роль в антропогенном загрязнении. Среди тяжелых металлов наиболее широко распространена ртуть. Ртуть – высокотоксичный и кумулятивный глобальный загрязнитель. Она попадает из окружающей среды и накапливается в слоевищах лишайников.

Известны работы по определению содержания ртути в слоевищах лишайниках, выполненные в различных регионах и климатических зонах России и мира: в Крыму, в Томской области, на Дальнем Востоке, в Южной Африке, в Западной Сибири. При этом полученные разными исследователями данные несколько противоречивы. Результаты исследования содержания ртути в слоевищах лишайников в г. Хабаровске показали некоторое противоречие с данными по почвам, которые заметно обогащены ртутью в сравнении с фоном. Содержание ртути в них было меньше, чем средние значения для лишайников Томска или республики Крым. Вместе с тем, во всех работах отмечалась высокая изменчивость результатов [4–9].

Наиболее точным способом определения содержания ртути является атомно-абсорбционная спектрометрия. Однако эффективность применения этого метода зависит от массы навески. Нам не удалось обнаружить в литературе рекомендации по используемой для определения содержания ртути массы слоевища. Поэтому мы поставили перед собой задачу определить оптимальную массу навески для биоиндикационных исследований содержания ртути в лишайниках, произрастающих в окрестностях Вологды. Для этого были собраны три обобщенные пробы: проба слоевищ лишайников вида *Xanthoria parietina* с деревьев парка Мира и Кремлевского сада и смесь слоевищ лишайников *Physcia* spp. с деревьев, произрастающих в парке Мира. Лишайники тщательно отделяли от коры и сушили в эксикаторе при комнатной температуре в течение 1–2 суток. Для анализа сформировали навески средней массой 20, 50, 110 мкг в 30-кратной повторности. Анализировался разброс показателей содержания ртути в слоевищах для каждой из этих навесок (рис.).

Среднее содержание ртути в *Physcia* spp., произрастающих в парке Мира составило, 88,37 мкг/кг, что больше, чем показатель, зафиксированный для *Xanthoria parietina*, произрастающей в этом же месте (81,41 мкг/кг). Однако нужно отметить, что результаты анализа смеси слоевищ различных видов лишайников дают более гетерогенные данные. Результаты колеблются от 45 до 155,2 мкг/кг (в 3,4 раза), тогда как в пробах, включающих только один вид лишайников, размах колебаний показателей составляет от 62 до 100 мкг/кг (в 1,6 раз).

Кроме того, результат определения среднего содержания ртути в лишайниках отличается при использовании различных навесок. В навеске лишайников разных видов из парка Мира средней массой 20,33 мкг определено содержание ртути 105,36 мкг/кг, тогда как в навесках массой 50,87 мкг и 112,5 мкг 81,88 и 77,87 соответственно. Разброс показаний для навески массой 112,5 мкг составляет 30,8 %, а для навески 50,87 мкг – 86,5 %, 20,33 мкг – 86,6 %.

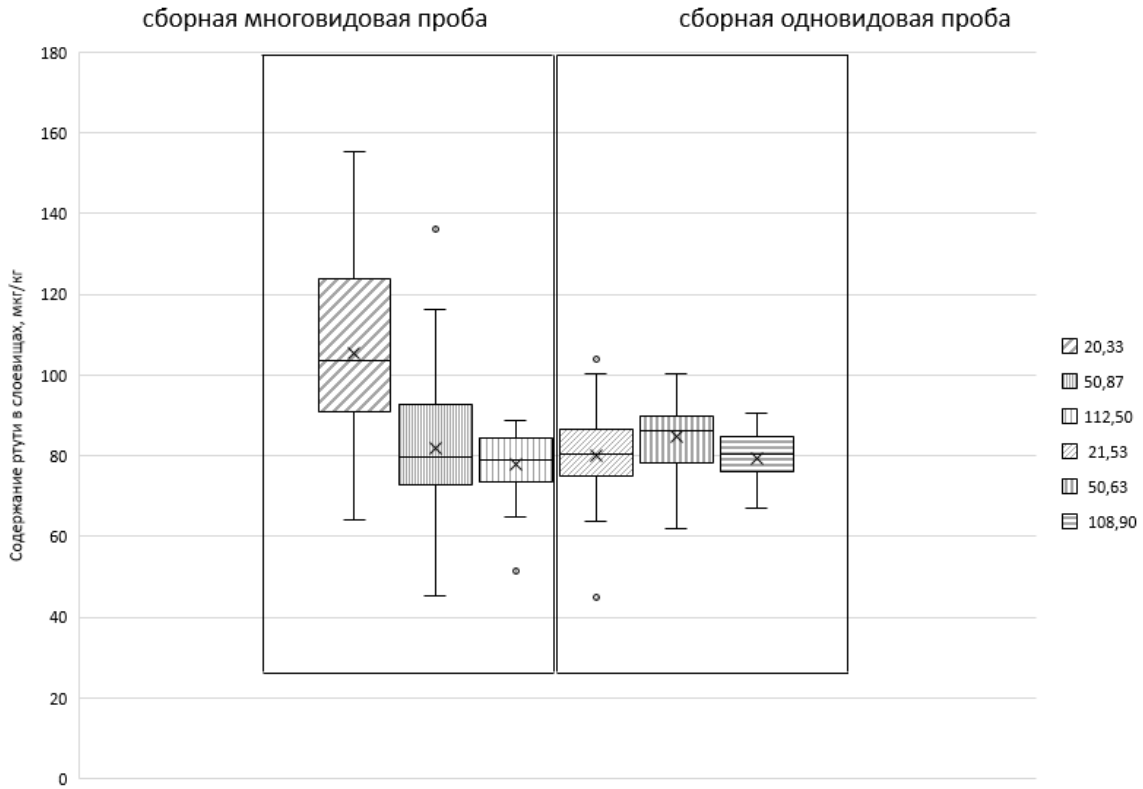


Рис. Содержание ртути в слоевищах лишайников (результаты анализа различных объединенных навесок, средняя масса навески указана в мкг)

Таким образом, оптимальной, с точки зрения точности результатов, является навеска наибольшей массы. Однако достоверно схожие средние значения получены при сжигании навески массой 50,87 мкг.

При сжигании пробы, включающей только один вид лишайника (*Xanthoria parietina*), размах получаемых значений в меньшей степени зависит от массы навески. Это позволяет нам заключить, что изменчивость значений, ведущая к разбросу показаний в случае интегральный пробы, связана не со случайными факторами, а с разнообразием лишайников, входящих в состав пробы. Это в свою очередь позволяет нам предположить, что для лишайников характерны видовые особенности аккумуляции ртути. Сделанные нами выводы подтверждаются результатами анализов содержания ртути в слоевищах *Xanthoria parietina* из Кремлевского сада. Разброс значений здесь при навеске массой 21,1 мкг – 54,3 %, а для навесок 50,5 мкг и 109,47 мкг – 33,4 и 48,2 % соответственно.

Результаты данной работы могут быть использованы при дальнейших исследованиях в подобном направлении, в частности нами апробированы и обоснованы массы навесок слоевищ лишайников для определения содержания в них ртути. Гипотеза о видовых особенностях аккумуляции ртути лишайников требует разработки.

Выводы. Рекомендуемая масса навески для определения содержания ртути *Xanthoria parietina* методом атомно-абсорбционная спектрометрия составляет 20 мкг воздушно-сухой массы. При определении содержания ртути в ин-

тегральных пробах, включающих несколько видов лишайников в условиях окрестностей города Вологды, масса навески должна быть увеличена не менее чем до 50 мкг воздушно-сухой массы.

1. Инсарова, И. Д. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха / И. Д. Инсарова, Г. Э. Инсаров // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 1989. – Т.1 2. – С. 113–175.

2. Шапиро, И. С. Загадки растения-сфинкса. Лишайники и экологический мониторинг / И. С. Шапиро // Гидрометеоиздат. – 1991. – 80 с.

3. Barkman, S. S. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes, including a taxonomic survey and description of their vegetation units in Europe / Barkman, S. S. – Van Gorcum. Assen, 1958. – 628 p.

4. Содержание ртути в эпифитных лишайниках на территории Республики Крым / Е. В. Евстафьева, А. М. Богданова, Т. С. Большунова [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – № 7. – С. 93–103.

5. Территориальные особенности распределения ртути в эпифитных лишайниках Крымского полуострова / А. М. Богданова, Е. В. Евстафьева, Н. В. Барановская [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2020. –С. 135–156.

6. Ляпина, Е. Е. Геоэкологические особенности ртутной нагрузки на территорию Томской области по данным биомониторинговых исследований / Е. Е. Ляпина // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–2.

7. Ртуть в городской среде промышленных центров Дальнего Востока / Ф. С. Кот, Л. А. Матюшкина, К. Г. Баканов [и др.] // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: Материалы Международного симпозиума. – Москва, 2010. – С. 124–128.

8. Паничев, Н. А. Концентрация ртути в биоиндикаторах и атмосферном воздухе в районе расположения тепловых электростанций в Южной Африке / Н. А. Паничев, А. Тру, П. Форбес, Д. Оконкво // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты : Материалы Международного симпозиума. – Москва, 2010. – С. 137–140.

9. Ляпина, Е. Е. Биомониторинговые исследования ртути в компонентах окружающей среды Западной Сибири / Е. Е. Ляпина, Е. А. Головацкая, И. И. Ипполитов // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты : Материалы Международного симпозиума. – Москва, 2010. – С. 288–293.

КЕЙС-МЕТОД В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ ПО БИОЛОГИИ

П.Ю. Кряквина
Научный руководитель ***М.В. Бутакова****, канд. пед. наук, доцент*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Формирование личности человека, успешно реализующего свои возможности в современном обществе, возможно только в том случае, если с детства вырабатывается опыт проявления инициативы в решении конкретных проблем. Учить учиться, а именно усваивать, правильно обрабатывать и использовать на практике полученную информацию – основной тезис деятельностного подхода к обучению. Все инновационные педагогические технологии базируются на формировании определенных компетенций у обучающихся и направлены на будущую профессиональную деятельность. Это утверждение определяет актуальность «кейс-метода» в практике образования.

Метод кейсов является одним из «трендовых». Кейс создаёт проблемную ситуацию на основе фактов из реальной жизни, при этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Исходя из этого, целью нашей работы является анализ эффективности использования кейс-метода на занятиях в учреждении дополнительного образования детей (на примере биологии).

Задачи работы: теоретически обосновать значение метода «case-study», разработать и применить в учебном процессе учреждения дополнительного образования задания на основе метода «case-study».

Объект исследования: кейс-метод как составная часть инновационной кейс-технологии.

Предмет исследования: использование метода «case-study» в биологических программах учреждения дополнительного образования.

Методы исследования: теоретический анализ, синтез, обобщение, сравнение педагогической и научно-популярной литературы по проблеме исследования.

Метод case-study иногда называют ситуационным методом, так как он относится к активному проблемно-ситуационному анализу, который основан на получении знаний путем решения конкретных задач. Предлагаемые задания могут иметь связь с проблемами прошлого, настоящего и даже будущего времени. Суть в том, что материал для изучения подается детям в виде мини-проблем, а знания приобретаются в результате их активной исследовательской и творческой деятельности по нахождению и разработке решений.

Обучающиеся получают от учителя определенный пакет документов (кейс), он может выступать в роли «помощника» при выявлении проблемы и

путей ее решения, либо опираясь на представленную информацию, дети вырабатывают варианты выхода из сложной ситуации, когда проблема уже обозначена [1].

В настоящее время имеется большое количество различных методов обучения, что способствует их смешению. Так, достаточно часто путают два метода: проектов и кейсов. Можно выделить различия между проектом и кейсом: проект имеет определенную практическую ценность, при этом не имеет точного первоначального плана и результата, выбранная для него проблема является актуальной, а также является гибким в направлении скорости работы над ним; кейс же имеет субъективную практическую ценность и уже сам по себе является проблемой, которая имеет выработанное кем-то решение, главной целью кейса служит достижение образовательного результата непосредственно теми, кто его решает. Тем не менее у кейса и проекта есть много общего: они дают ученику возможность работать в индивидуальном темпе и с учетом его способностей, способствуют достаточно плотному контакту между обучающимися, следствием чего является умение работать в команде, общаться, распределяя роли и ресурсы [2].

Было проанализировано наличие кейсов в рабочих программах Центра развития современных компетенций детей «Дом научной коллаборации» на базе ВоГУ. Можно говорить о том, что кейсы присутствуют практически в каждом разделе учебно-тематических планов дополнительных общеобразовательных программ центра ДНК. Приведем два примера (табл.). Включение кейсов в программы свидетельствует о готовности преподавателей использовать данный метод в образовательном процессе.

Таблица

Примеры кейсов в биологических программах Центра ДНК

Программа: «Введение в биотехнологии»	
Раздел 1. Введение. Биохимические основы биотехнологий	
Введение в биохимию и молекулярную биологию	Кейс «Как работают ферменты?»
Раздел 2. Клеточные технологии и микробиологические основы биотехнологий	
Клеточные технологии. Культуры тканей растений и животных	Кейс «Основные стадии биотехнологического процесса»
Микробиологические основы биотехнологий. Биотехнологии, основанные на использовании микроорганизмов. Знакомство с технологией получения культуры клеток растений	Кейс «Основные стадии биотехнологического процесса»
Раздел 3. Генетические основы биотехнологий. ДНК-технологии и геномные технологии	
Методы молекулярной генетики и их возможности. ПЦР, секвенирование. Генная инженерия	Кейс «ДНК-технологии»

Окончание табл.

Программа: «Клеточная инженерия»	
Раздел 1. История и методы клеточной инженерии	
Биология культивируемых клеток и тканей. Условия культивирования органов, тканей, клеток и протопластов на искусственных питательных средах. Основные принципы составления питательных сред	Кейс: «Эксплант: автотроф или гетеротроф»
Раздел 2. Каллусная культура	
Морфогенез и получение растений-регенератов	Кейс «Каллус: ткань или культура»
Раздел 3. Клеточная инженерия животных	
Клеточная и эмбриогенетическая инженерия в животноводстве. Особенности культивирования in vitro клеток животных. Гибридизация соматических клеток	Кейс: «Клон»

Нами был разработан кейс «Группы крови» для использования в программе «Занимательная физиология».

Структура кейса выглядит следующим образом. Сначала обучающимся предлагается прочитать текст:

«Маша и Алексей были вместе со школы. Они учились в одном университете и вскоре поняли, что влюблены. После выпуска Леша решил жениться на своей избраннице и сделал ей предложение. Маша, безусловно, согласилась. Через год она забеременела и была очень счастлива, что ждет мальчика. Наступил ответственный для них момент и Машу, увезли в роддом, все прошло замечательно. Но в тот же самый день рожала еще одна девушка и по оплошности врачей перепутали двух мальчиков. Один из них имел II-ю группу крови, другой – IV-ю группу крови. Алексей и Маша имели соответственно II-ю и III-ю группы, а другая пара I-ю и II-ю. Установите кто чей сын, не производя ни каких расчетов, а только рассуждая теоретически о возможности наследования групп крови?»

Затем организуется работа по разрешению данной проблемной ситуации. Обучающимся предлагается ответить на вопросы:

1. Объясните, что такое группы крови и их варианты?
2. Что такое резус-фактор?
3. Как передается группа крови от родителей к детям?
4. Оформите в виде таблицы решение данной задачи.

Следующий кейс «Микромир» соответствует программе 9–10 класса. Использовать его можно при проведении занятий в программе «Практическая микробиология», «Удивительный мир в капле воды».

Обучающимся предлагается проанализировать ситуацию: «Валентина Петровна всегда отличалась аккуратностью, благодаря чему считалась самой чистоплотной домохозяйкой в подъезде. Но однажды она обнаружила на кафе-

ле в ванной неприятный налёт. «Что это?!!» – с ужасом спрашивала Валентина Петровна у соседки. Та же сказала, что скорее всего это грибы». Далее нужно ответить на вопросы: 1. Могут ли это быть грибы? 2. Предложите способы, с помощью которых можно было бы выяснить природу налёта на кафеле.

Таким образом, при использовании метода case-study акцент в обучении переносится не просто на овладение готовым знанием, а на его выработку, на творческое взаимодействие школьника и преподавателя. Здесь преодолевается классический дефект традиционного обучения, который связан с малым использованием эмоциональной составляющей участников процесса, «сухостью» изложения материала.

Однако использование данного метода в обучении не решает все проблемы и не должно становиться самоцелью. Необходимо учитывать цели и задачи каждого занятия, характер материала, возможности учащихся. Наибольшего эффекта можно достичь при разумном сочетании традиционных и интерактивных вариантов обучения, когда они взаимосвязаны и дополняют друг друга.

1. Бекиров, И. Обучение: кейс-метод (метод конкретных ситуаций). – URL: https://nsportal.ru/npo-spo/obrazovanie-i-pedagogika/library/2016/12/13/obuchenie-keys-metod-metod-konkretnyh-situatsiy (дата обращения: 22.11.2020). – Текст : электронный.

2. Программа повышения квалификации «Гибкие компетенции проектной деятельности» // Фонд новых форм развития образования. – URL: https://np-education.ru (дата обращения: 22.11.2020). – Текст : электронный.

ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА СВИНЦА НА АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ХЛОРЕЛЛЫ

А.А. Лысцева
Научный руководитель ***Н.А. Зейслер***
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Chlorella vulgaris Beijerinck – одноклеточная зеленая водоросль, присутствующая практически во всех биоценозах, является типичным биоиндикатором. Хлореллу активно применяют для биологической очистки, доочистки и обеззараживания сточных вод различных отраслей народного хозяйства (хозяйственно-бытовых и химико-фармацевтических). Она легко культивируется в лабораторных условиях и используется с целью биотестирования токсичных веществ. Известно, что хлорелла способна снижать концентрацию токсикантов благодаря устойчивости, при этом важно проанализировать формирование общей клеточной реакции на присутствие в среде тяжелых металлов [1].

В основе данной работы лежит эксперимент с целью изучения возможности адаптации *Chlorella vulgaris* Beijerinck к растворам солей тяжелых металлов на примере сульфата свинца.

Материал и методика исследования. Исследовали возможность адаптации хлореллы к растворам солей тяжелых металлов на примере сульфата свинца. При проведении опытов использовали два вида контроля: 1) питательная среда Тамия (используется для автотрофного культивирования хлореллы, представляет собой комбинацию растворов солей и содержит необходимые для нормального развития элементы); 2) дистиллированная вода (не содержит никаких веществ, а значит, не может наблюдаться компенсирующий или усугубляющий эффект).

Для изучения влияния тяжелых металлов на рост хлореллы использовали соль $PbSO_4$ с концентрациями: 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001 мг/л.

Сначала водоросли культивировали в течение 11-ти суток, после чего клетки пересевали на свежие растворы солей. Подсчеты проводили на 1, 4, 8 и 12-е сутки в первом пассаже и 1-е и 4-е сутки во втором пассаже. Каждую концентрацию растворов делали в трёхкратной повторности. Подсчеты проводились с помощью камеры Горяева. После производили расчет коэффициента регенерации. Согласно критериям выделяют хроническое, подострое, острое токсическое действие и отсутствие токсического действия. В случае гибели более 75 % взятой в опыт популяции коэффициент регенерации не рассчитывают [3].

Результаты исследований и их обсуждение. Изучение влияния соли свинца на численность популяции хлореллы в течение восьми суток показало, что в процессе культивирования наблюдается снижение токсичности среды. Данный эффект может быть связан как с адаптацией водоросли к наличию исследуемых солей в питательной среде, так и снижением концентрации растворов в результате выпадения мертвых клеток в виде друзов в осадок [2].

Следующая серия экспериментов была направлена на исследование данных эффектов. В исследуемых растворах водоросль культивировали двенадцать суток, после чего часть популяции использовали в качестве засевной дозы для свежих растворов соли.

Таблица 1

Влияние сульфата свинца на регенерационный коэффициент при оценке адаптационных возможностей хлореллы (первое культивирование)

Вариант	1-ое культивирование			
	1 сутки	4 сутки	8 сутки	12 сутки
Дистиллированная вода	1	1	1	1
0,00001 мг/л	0,22	0,3	0,53	0,70
0,0001 мг/л	0,09	0,25	0,31	0,56
0,001 мг/л	-0,02	0,13	0,27	0,40
0,01 мг/л	-0,13	-0,01	0,14	0,28
0,1 мг/л	-0,2	-0,1	0,05	0,20

При первом культивировании острая реакция наблюдалось на протяжении двенадцати суток в растворах с концентрациями 0,1 и 0,01 мг/л. В остальных растворах острая реакция прослеживалась до восьмых суток, после чего коэффициент регенерации постепенно возрастал и его значения указывали на подострое токсическое действие (табл. 1).

Таблица 2

Влияние сульфата свинца на регенерационный коэффициент при оценке адаптационных возможностей хлореллы (второе культивирование)

Вариант	2-ое культивирование	
	1 сутки	4 сутки
Дистиллированная вода	1	1
0,00001 мг/л	0,36	0,55
0,0001 мг/л	0,30	0,41
0,001 мг/л	0,23	0,30
0,01 мг/л	0,10	0,18
0,1 мг/л	0,02	0,11

Во втором эксперименте данные соответствовали показателям четвертых и восьмых суток первого культивирования. Кроме того, в течение второго этапа инкубирования высокий уровень токсичности также был отмечен в среде с концентрацией сульфата свинца 0,1 и 0,01 мг/л. При длительном инкубировании также было отмечено снижение токсического эффекта (табл. 2).

В результате проделанного эксперимента было выявлено, что при вторичном культивировании токсический эффект в растворе с сульфатом свинца стал ниже, что говорит о формировании адаптационных приспособлений у хлореллы.

Выводы. Использование живых организмов при оценке степени загрязнения окружающей среды требует комплексного подхода. При этом важно учитывать эколого-биологические особенности вида, специфику его метаболизма и жизненного цикла. Так, *Chlorella vulgaris* Beijer. в процессе жизнедеятельности может изменять содержание токсичных веществ в среде как накапливая их, так и возвращая в ходе метаболических перестроек или при разрушении мертвых клеток.

Важно отметить, что при большем времени культивирования водоросль приспосабливается к данным условиям среды, и включаются механизмы нейтрализации негативного воздействия. Причем нейтрализация происходит путем вынесения части ионов из среды вместе с друзами мертвой хлореллы. Адаптационные реакции могут фиксироваться уже у 2–3 поколения хлореллы. Так, более острая реакция проявляется на 1–4-е сутки

В присутствии сульфата свинца у хлореллы на протяжении двенадцати суток в растворах с концентрациями 0,1 и 0,01 мг/л наблюдалось острая реакция. В остальных растворах данная реакция прослеживалась до восьмых су-

ток, после чего коэффициент регенерации постепенно возрастал. Адаптационные реакции к присутствию солей свинца фиксировались уже с четвертых суток культивирования. Однако в растворах с концентрациями 0,1 и 0,01мг/л они начинались несколько позже, на восьмые сутки.

1. Давыдова, О. А. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / О. А. Давыдова, Е. С. Климов, Е. С. Ваганова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 167 с.

2. Грубинко, В. В. Структурные изменения в клеточных мембранах водных растений при воздействии токсических веществ / В. В. Грубинко, К. В. Костюк // Гидробиологический журнал. – 2011. – Т. 47, № 6. – С. 43–57.

3. Мелехова, О. П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование. / О. П. Мелехова, Е. И. Егорова. – Москва : Академия, 2007. – С. 202–213.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ ПО ХИМИИ

И.М. Мишина
Научный руководитель ***М.А. Назарова****, канд. биол. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

В XX веке одной из наиболее важных ролей для учителя было предоставление знаний – оно было в основном скрытым «товаром», который можно найти только в печатных книгах и в сознании учителя. В XXI веке любая информация легкодоступна в Интернете, а благодаря новым передовым технологиям возможности обучения и требования к нему значительно изменились. Обучающиеся часто перегружены информацией, причем не только учебной, и далеко не всегда успешно справляются с ее обработкой. Поэтому работа учителя заключается не только в том, чтобы удерживать и распространять знания, но и в том, чтобы содействовать, мотивировать обучающихся, а также заниматься мониторингом и управлением процессов обучения и развития.

Учитель XXI века предлагает конкретные задания, статьи и учебники в зависимости от индивидуальных потребностей каждого учащегося, способности к обучению и темпа обучения, обеспечивает наиболее подходящие информацию и технологии, чтобы максимизировать результативность обучения.

Обучение должно обеспечивать получение надежных и прочных знаний, которые необходимы для формирования фундамента компетентной личности. Современное общество нуждается в образованных, находчивых, изобрета-

тельных личностях, способных свободно мыслить, принимать независимые решения в ситуации выбора, умеющих прогнозировать последствия на будущее и способных к сотрудничеству. Такие личности обладают мобильностью, конструктивностью и имеют сформированное чувство ответственности за свою жизнь и жизнь страны.

На современном этапе специалисты ищут новую модель образования, благодаря которой станет возможным персонифицируемое образование, направленное на удовлетворение потребностей будущих поколений всего мира. Модель образования третьего тысячелетия уже сейчас связана с феноменом стратегии устойчивого развития.

Образовательное пространство состоит из национальных образовательных систем разного типа и уровня, которые различаются по культурным и философским традициям, уровнем целей и задач и качественному состоянию. Но в то же время современное образовательное пространство едино, поскольку в каждой образовательной системе присутствуют глобальные тенденции, определяемые парадигмами восприятия мира. Одна из таких глобальных тенденций – система дистанционного обучения, направленная на непрерывное формирование знаний, в которой нет ограничений для обучающихся по возрасту и степени подготовки, и где не имеет значения территориальное нахождение образовательной организации.

Дополнительное образование является частью системы образования и не является исключением. За счет технологий дистанционного обучения обеспечивается выбор режима и темп усвоения дополнительных общеобразовательных программ [1].

В Вологодской области популярным направлением стали курсы по подготовке к Единому государственному экзамену (ЕГЭ). Как известно, по результатам ЕГЭ ведется приём абитуриентов во все российские университеты.

Изучение химии во многих школах осуществляется на базовом уровне. Наиболее часто обучающиеся начинают свою подготовку к ЕГЭ с 10–11 класса. Для того чтобы качественно подготовиться к сдаче экзамена, многие используют возможности дистанционного обучения.

У дистанционного обучения имеется ряд преимуществ. Новые технологии дают возможность преподнести визуальную информацию в яркой, активной форме. Также оно обладает доступностью за счет возможности изучать материал, не выходя из своего дома. Такой формат образования позволяет создать персональный график, который не зависит от места и времени обучения.

Однако в связи с этим возникает и ряд возможных опасений – это недостаточная самоорганизованность и возможность использовать непроверенный, некачественный контент для самоподготовки. И если с первой проблемой ученик может справиться самостоятельно или с помощью родителей, то решение второй проблемы требует дополнительного анализа. При выборе про-

граммы дополнительного образования с использованием дистанционных образовательных технологий, первое, на что все обращают внимание будущие ученики, – это отзывы, написанные в интернете, или услышанные от знакомых, затем анализ образовательной организации или франшизы, за которой скрываются образовательные курсы. О положительных и отрицательных сторонах разных платформ было написано ранее [2]. Целью данной работы послужил анализ дистанционных платформ для курсов дополнительного образования. В качестве учебного предмета, по которым проводится анализ программ, была выбрана химия как экспериментальная наука, с одной стороны, и как необязательная для сдачи ЕГЭ – с другой.

В результате проведенной работы установлено, что многие курсы дополнительного образования в области химии, также как и по другим общеобразовательным предметам, были вынуждены перейти в форму online, поскольку введенный режим самоизоляции в связи с распространением новой коронавирусной инфекции Covid-19 не позволял проводить занятия с обучающимися в очном формате. При переходе на online обучение были задействованы наиболее доступные и не требующие дополнительных вложений инструменты. Во-первых, это социальная сеть vk.com, позволяющая проводить прямые трансляции и сохранять эти записи на своих серверах. Достоинства данной формы очевидны, из недостатков следует выделить отсутствие общения со стороны учеников, информацию может излагать только лектор, обучающимся можно только комментировать в чате. Вторым возможным инструментом является видеоконференция на платформе Zoom, где уже помимо чата, возможно вербальное общение с учащимися. Среди недостатков такого общения – ограниченный временной промежуток занятия и необходимость выбора сервера для хранения записи занятия. Третий вид занятий – на платформе Google, здесь среди минусов – отсутствие записи занятий, среди несомненных плюсов – возможность сочетания вербального общения с обучающимися с использованием дополнительных ресурсов – решением тестов в Google-форме, возможность переходов по внешним ссылкам, в том числе на видеохостинг YouTube. Существуют и другие платформы для дистанционного обучения, такие как Business, Webinar, Mirapolis и другие, однако достоинства данных платформ не отличаются от вышеупомянутых преимуществ наиболее распространенных и общедоступных программ.

Таким образом, дополнительное образование с применением дистанционных технологий носит персонализированный характер и является более гибким за счет выбора обучающимся комфортного темпа обучения, при необходимости существует возможность повторно изучить материал, решить тест, затруднительное задание. Подобная система обучения привлекает заниматься самостоятельно и осваивать новые навыки. Дистанционное обучение позволяет углубить изучение материала школьного курса химии, ликвидировать про-

белы в знаниях и умениях, подготовить обучающегося к ЕГЭ не посещая образовательный центр, выстроить свой курс в зависимости от интереса каждого обучающегося.

1. Концепция развития дополнительного образования детей : распоряжение правительства Российской Федерации от 4.09.2014 № 1726-р. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / Компания «КонсультантПлюс» (дата обращения: 22.12.2020).

2. Мишина, И. М. Анализ дополнительного образования для школьников по химии в городе Вологде / И. М. Мишина, М. А. Назарова // XIII Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых: Т67 материалы межрегиональной научной конференции: в 2 т. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет, [главный редактор В. Н. Маковеев]. – Вологда : ВоГУ, 2019. – Т. 2 : Социально-гуманитарное направление. – С. 320–322.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПЛОДОВ

И.А. Морозкова

Научный руководитель ***Н.А. Кутакова****, канд. техн. наук, доцент*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

г. Архангельск

В последнее время растет интерес к использованию фитохимических веществ из натуральных растений. Фитоэкстракты оказывают благоприятное воздействие на здоровье человека. Эффективность извлечения биологически активных веществ (БАВ) зависит от большого количества параметров: метода экстракции, вида растворителя, температуры, продолжительности. Важно подобрать оптимальные значения параметров для получения экстрактов с высоким содержанием БАВ.

Целью данного исследования было установить наиболее подходящие условия для извлечения БАВ из плодов барбариса, боярышника и шиповника.

Было изучено влияние СВЧ-экстракции и экстракции по методу настаивания в различных концентрациях на эффективность извлечения веществ. Оптимальные условия для выделения биологически активных веществ из барбариса: 70 % этиловый спирт в качестве растворителя и время экстракции 12 минут в СВЧ-камере, 140 минут в водяной бане.

Кинетика извлечения БАВ из плодов, отобранных в дендрологическом саду САФУ, изучалась при экстракции с помощью двух методов: настаивание и СВЧ-экстракция. Настаивание осуществляли на водяной бане с обратным холодильником. Продолжительность экстракции составляла 120 минут с взятием пробы и

добавлением растворителя через 15–30 минут (15 – 30 – 60 – 90 – 120 минут); концентрация спирта – 70 %, гидромодуль ГМ = 1:5, температура 90 °С.

Установка СВЧ-реактора состоит из СВЧ-камеры, обратного холодильника, амперметра, мешалки. В СВЧ-камере экстракцию проводили следующим образом: продолжительность экстракции 36 минут со взятием пробы и добавлением растворителя каждые 2–12 минут (2 – 4 – 8 – 10 – 12 минуты), концентрация спирта – 70 %, ГМ = 1:5, мощность 300 Вт.

Оптимальными условиями для извлечения БАВ из плодов барбариса, шиповника и боярышника были: 70 %-й этиловый спирт, продолжительность 15 минут (метод настаивания) и 4 минуты в СВЧ-камере. При этих условиях наблюдался максимальный выход экстрактивных веществ.

Широкий спектр активности биологически активных веществ и «мягкое» действие имеют важные преимущества в фармакологии препаратов из растительного сырья. Сегодня треть всех лекарственных веществ, используемых в медицинской практике, получают из растений. Структура многих веществ настолько сложна, что дикие или культурные растения долгое время остаются их единственным источником [1].

С древних времен плоды барбариса, боярышника и шиповника традиционно использовали при лечении язв, сахарного диабета, сердечной недостаточности. Большинство видов растений в качестве биологически активных веществ содержат дубильные вещества, антоцианы, флавоноиды и тритерпены.

Методика. Извлечение БАВ проведено методом настаивания и методом СВЧ-экстракции. В ходе исследования были определены: концентрация экстрактов в каждой отобранной пробе и выход экстрактивных веществ (ЭВ) в расчете на сухое вещество [2].

Концентрация ЭВ в жидкости в зависимости от продолжительности экстракции, г/л:

$$C = \frac{m}{5 \cdot 10^{-3}},$$

где m – масса остатка, г;

$5 \cdot 10^{-3}$ – объем экстракта, взятого для анализа, л.

Результаты исследований представлены на рисунках 1-–4.

Из графиков видно, что при экстракции методом настаивания оптимальной продолжительностью является приблизительно 15 минут для всех анализируемых плодов. Снижение концентрации в диапазоне 18–30 минут можно объяснить частичным разрушением экстрактивных веществ при температуре 90 ^{o}С. Наибольший выход данных соединений наблюдается у плодов боярышника Дугласа.

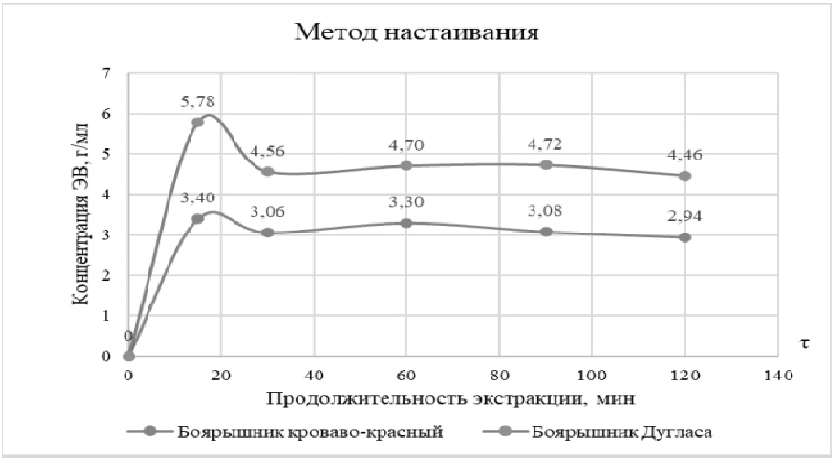


Рис. 1. Зависимость концентрации ЭВ от продолжительности настаивания

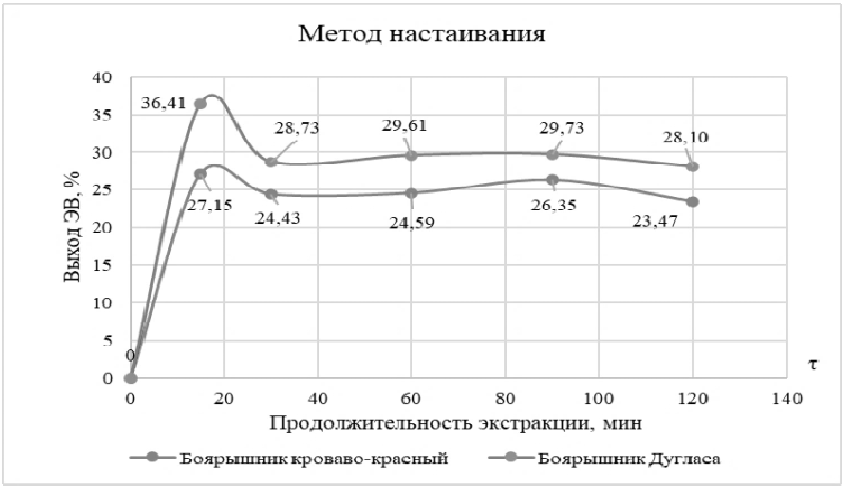


Рис. 2. Зависимость выхода ЭВ от продолжительности настаивания

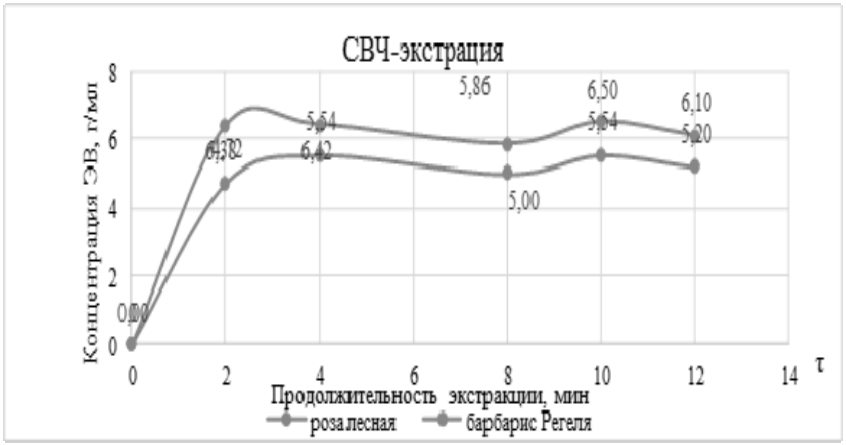


Рис. 3. Зависимость концентрации ЭВ от продолжительности СВЧ-экстракции

Рис. 4. Зависимость выхода ЭВ от продолжительности СВЧ-экстракции

Из графиков видно, что при экстракции в СВЧ-камере оптимальной продолжительностью является 4 минуты для всех анализируемых плодов. Наибольший выход экстрагируемых веществ и наибольшая их концентрация наблюдается у плодов боярышника кроваво-красного.

Вывод. В работе показана принципиальная возможность экстракционного извлечения компонентов этиловым спиртом с помощью настаивания и использования СВЧ-камеры. Выявлена оптимальная продолжительность экстракции: для метода настаивания – 15 минут, СВЧ-камеры – 4 минуты. В оптимальных условиях выход суммы экстрактивных веществ по методу настаивания выше, чем в СВЧ-камере. Таким образом, для извлечения БАВ рекомендуем метод настаивания.

1. Племенков, В. В. Введение в химию природных соединений / Племенков, В. В. – Казань : КГУ, 2001. – 376 с.

2. Кутакова, Н. А. Лабораторный практикум по технологии биологически активных веществ и углеродных адсорбентов. В 2 частях. Части 2. Анализ БАВ : учебное пособие / Н. А. Кутакова, Н. И. Богданович, С. Б. Селянина и др. – Архангельск : САФУ, 2015. – 114 с.

ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РАССЧЕТА ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Г.Е. Овчинников, В.Е. Никифоров, Ю.В. Локтионов
Научный руководитель ***А.А. Звеков****, д-р физ.-мат. наук*
Кемеровский государственный университет
г. Кемерово

Введение. В последнее десятилетие оптика и спектрометрия уделяют особое внимание изучению оптических свойств и характеристик нанормазмерных систем, поскольку наноразмерные материалы играют существенную роль в технологии лазерных систем, и функционирование устройств на их основе требует понимания их взаимодействия с электромагнитным излучением. В направлении оптимизации оптических свойств в последнее время ученые перенесли свое внимание с изучения простых, однородных наноразмерных систем, на более сложные: композитные, многослойные моно-, би-, трехъядерные системы типа ядро-оболочка [1].

Во многих случаях оптические характеристики достаточно сложно определить стандартными методами спектрометрии пропускания и отражения, что приводит к применению оптоакустических и фототермических подходов.

Оптоакустическая спектроскопия [2] – один из перспективных методов изучения оптических свойств наноразмерных систем, дополняющий класси-

ческие методы спектрофотомерии, позволяющий измерять параметры веществ с высокой оптической плотностью и пористостью [3]. В то же время ряд приближений, используемых при обработке результатов оптоакустической спектроскопии (независимость от температуры теплофизических свойств вещества) требуют пересмотра при исследовании наноразмерных систем. Для этого требуется формулирование модели нагревания наночастиц, вызывающего термическое расширение вещества и генерацию оптоакустического импульса, разработка пакетов прикладных программ, реализующих данные модели, и проведение расчетов оптоакустических сигналов практически важных систем.

Эмпирически ранее уже исследовались закономерности оптоакустических сигналов в композитных системах пентаэритрита тетранитрата – наноразмерный металл [4]. Было показано, что для таких систем наблюдается ряд эффектов нетипичных для гомогенных материалов, в частности сильная зависимость наблюдаемого показателя поглощения от плотности энергии импульса. В процессе лазерного излучения наносекундной длительности наночастица быстро нагревается, передает тепловую энергию окружающей матрице, материалы термически расширяются, что приводит к появлению импульса давления в поглощающем слое вещества.

Цель данной работы – разработка и апробация пакета прикладных программ для моделирования оптоакустического сигнала, инициируемого импульсным лазерным излучением в системах прозрачная матрица – наноразмерный металл. Апробация методики расчета проводилась с параметрами системы никель – гексоген. Особенностью изучаемой системы от рассмотренных ранее является нелинейный и немонотонный характер зависимости теплофизических свойств никеля от температуры, вызванный фазовым переходом второго рода от ферромагнитной фазы к парамагнитной при T=631 K.

Состав образца гексоген – никель был выбран для исследования, так как в ранней работе выявлена перспективность подобной системы для капсульных составов оптических детонаторов [5].

Основные блоки программы. Блок 1 включает расчет распределения давления в образце по его глубине в случае отсутствия механической релаксации. Для этого он разбивается на слои равной толщины, каждый из которых содержит наночастицы металла. Далее в блоке 1а выполняется расчет кинетических зависимостей нагревания отдельной наночастицы, на глубине соответствующей первой ячейке. Энергия, поглощаемая одной наночастицей, определяется как отношение энергии, поглощенной в слое в соответствии с законом Бугера, к общему количеству наночастиц. Сечение поглощения излучения считали равным геометрическому сечению сферической наночастицы. Последняя величина рассчитывается на основании задаваемой массовой доли наночастиц и их среднего радиуса. При расчете закономерностей нагрева используется неравномерная координатная сетка в приближении сферической симметрии. Решается уравнение теплопроводности в двухфазной системе –

металлическая наночастица – сплошная матрица. На границе металл – матрица ставится условие неразрывности температуры и теплового потока. Размер области выбирается равным семи радиусам наночастицы, шаг сетки сгущается вблизи наночастицы, поскольку в данной области градиент температуры максимален. В результате расчета получается вектор времени и матрица, содержащая значения температуры для каждого момента времени. Для расчета давления в блоке 1б используются зависимости удельного объема металла и матрицы от температуры, термическое расширение компенсируется сжатием ненагретой матрицы между наночастицами. В результате рассчитывается зависимость давления от времени, которая далее дифференцируется по времени, что приводит к функции источников давления. Блок 1 рассчитывается для каждой ячейки по глубине образца, в нашем случае число ячеек составляло 85, что обеспечивает компромисс между плавным характером распределения поглощенной энергии и объемом вычислений. Функция источников, рассчитанная для каждой ячейки, сохранялась в отдельный файл.

В блок 2 загружались данные из ранее сохраненных файлов и объединялись в общую функцию источников. Для расчета величины давления на удалении от зоны поглощения энергии в некоторый момент времени определялся вклад от источников каждой ячейки с учетом волн растяжения и сжатия. Формирование волны разряжения связано с релаксацией давления при движении границы образца, на которую падает электромагнитное излучение. После этого вклады интегрировались методом трапеций. Данная методика позволяет получить кинетические зависимости оптоакустических сигналов, которые зависят и от особенностей нагревания наночастиц.

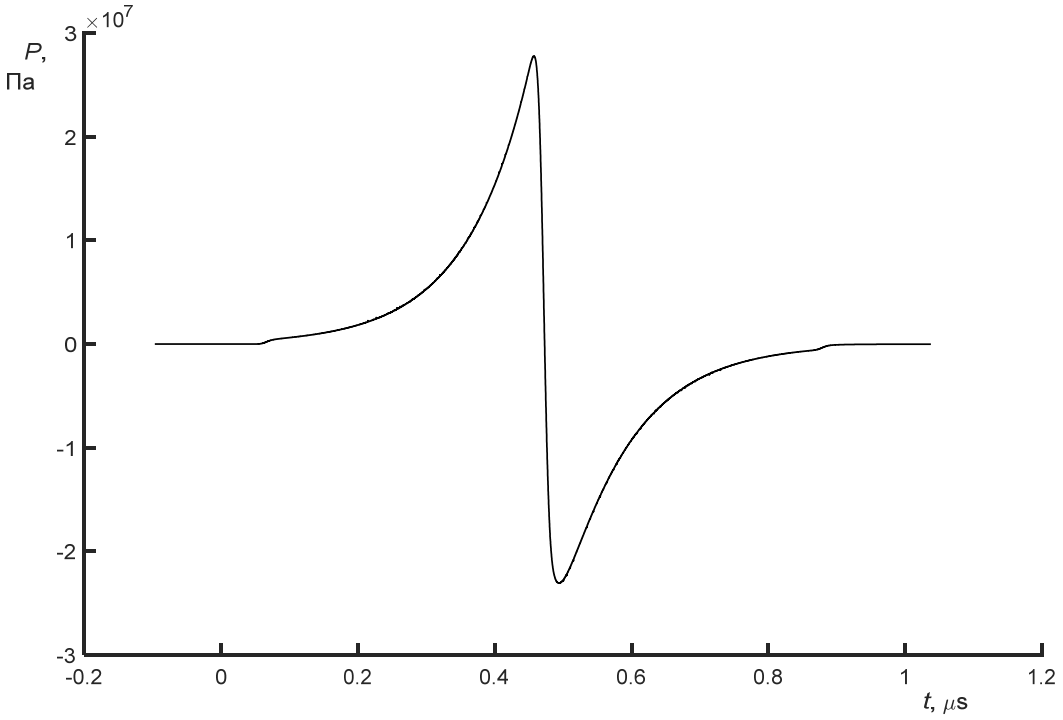


Рис. Зависимость оптоакустического сигнала от времени для образца Ni – RDX

Результаты расчетов. Пример рассчитанной зависимости оптоакустического сигнала от времени приведен на рисунке. В случае классической модели оптоакустического эффекта [2] оптоакустический сигнал является нечетной функцией, если отсчитывать время от точки пересечения кривой с осью абсцисс. Рассчитанный сигнал не обладает данным свойством: амплитуда максимума не совпадает с глубиной минимума, хорошо видно различие вторых производных в точках максимума и минимума. Данные особенности связаны с различными коэффициентами термического расширения материалов матрицы и наночастицы, а также с зависимостью теплофизических параметров от температуры.

Вывод. Разработан программный комплекс для расчета оптоакустических сигналов в системах прозрачная матрица – наночастицы металлов. Показано, что в случае данных систем наблюдаются особенности, нетипичные для сигналов в однородных веществах.

1. A simple Mie-type model for silica-coated gold nanocages / Boris N. Khlebtsov, Vitaly A. Khanadeev, Elizaveta V. Panfilova [et al.] // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. – Volume 121. – May 2013. – Pages 23–29.

2. Гусев, В. Э. Лазерная оптоакустика / В. Э. Гусев, А. А. Карабутов – Москва : Наука, 1991. – 304 с.

3. Светочувствительный материал на основе смеси тэна и наночастиц алюминия / Б. П. Адуев [и др.] // Физика горения и взрыва. – 2012. – Т. 48. – № 3. – С. 127–132.

4. Оптико-акустические эффекты в тетранитрате пентаэритрита с включениями ультрадисперсных частиц алюминия при импульсном лазерном воздействии / Б. П. Адуев [и др.] // Оптика и спектроскопия. – 2018. – Т. 124. – № 3. – С. 404–409.

5. Методика моделирования оптоакустических сигналов, инициируемые в композитах прозрачная матрица – наночастицы металлов / М. В. Ананьева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2019. – Т. 62. – № 1 – С. 138–147.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ КАК ТЕМА ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Д.С. Родыгин
Научный руководитель ***М.А. Назарова****, канд. биол. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Проекты школьников уже стали обязательной частью планирования учебных предметов по новому ФГОС основного среднего общего образования. При оформлении продукта проектной деятельности развивается активность и самостоятельность учащегося, способности к постоянному пополнению своих знаний и решению новых жизненных ситуаций. При этом наблюдается формирование у учеников современных ключевых компетенций: общенаучной, информационной, познавательной, коммуникативной, ценностно-смысловой, социальной [1].

Метод проектов чаще предполагает самостоятельную деятельность учащихся, но при грамотном планировании он может сочетаться и с работой в малых группах. Работа в группах даёт больше возможностей для самореализации, обогатит опыт умение считаться с мнением других, отстаивать свою точку зрения, приводить аргументы, а вклад в работу над проектом оценят другие участники [2].

Проекты, связанные с тематикой школьной программы, как правило, рекомендуются учащимся с низкими успехами по химии, слабо мотивированным и готовым выполнить работу по образцу. Проекты по темам внешкольного учебника выбирают ученики, интересующиеся химией, желающие найти что-то новое, интересное. Стоит заметить, что первоначальный интерес к выполнению проекта как возможности выступить и получить оценку позже, может измениться по мере накопления материала или получения интересных опытных данных.

Целью исследования была разработка школьного проекта по химии по теме «Химический анализ воды из различных природных источников». Данная разработка может быть использована в качестве темы индивидуального проекта в общеобразовательных учреждениях для обучающихся 9–10 классов.

Необходимым условием для выполнения проектной работы является написание календарного плана и паспорта проекта. Календарный план должен учитывать точные сроки выполнения всех этапов проекта. Приведем примерный список этапов: формулировка темы, поиск путей выхода из проблемной ситуации, химический эксперимент, обработка результатов и их интерпретация, презентация и защита проектной работы.

Паспорт проекта разрабатывается совместно с обучающимися. В него входят несколько обязательных частей: проблема, цель, задачи, новизна, ре-

зультат. Основополагающей проблемой, которая решается в данном проекте, является отсутствие информации о химическом составе воды из природного источника и его возможном влиянии на организм человека. Возможно выполнение данного проекта в мини-группах, при этом можно дополнительно поставить проблему сравнения химического состава воды из различных природных источников.

Обучающийся должен самостоятельно поставить цель проекта, которая будет заключаться в поиске причины загрязнения природных вод. Предполагается, что обучающийся моделирует и анализирует возможные источники загрязнения воды и их объемы. В связи с этим на этапе постановки химического эксперимента могут быть различные сочетания химического анализа воды. Цель проекта должна поставить перед обучающимися следующие задачи – овладение методиками по исследованию качества воды; оценка качества воды согласно нормативным документам; формирование навыка анализа последствий загрязнения природных источников воды.

Новизной проекта для обучающегося станет понимание и раскрытие сущности явлений и процессов, происходящих в окружающей среде и их влияние на организмы, а также социально значимый продукт – характеристика химического состава воды из конкретного источника и описание ее возможного влияния на здоровье человека.

Перед обучающимся ставится проблема, решением которой должна являться гипотеза, что загрязняющие вещества оказывают влияние на физико-химические показатели воды, которые непосредственно сказываются на здоровье человека. Объектом исследования является вода из разных природных источников. Предмет исследования – физико-химические показатели воды.

Участникам проекта в обзоре источников информации важно проанализировать основные загрязнители, которые изменяют физико-химические показатели воды. Для выявления источников загрязнения воды из конкретного природного источника предлагается использовать методы анализа, наблюдения и социологического опроса. Тем самым обучающийся составляет краткую характеристику местонахождения источника воды.

Важным этапом проекта является анализ физико-химических показателей воды. Органолептическими характеристиками будут запах, вкус, цветность, мутность – они влияют на внешний вид и качество воды. Обучающимся важно обозначить катионы и анионы, которые негативно действуют на здоровье человека. К катионам относятся общее железо, кальций и магний, катионы тяжелых металлов; к анионам – хлориды, сульфаты, нитраты. Одним из показателей, которые также влияют на здоровье человека, является показатель pH. Желательно, чтобы обучающийся конкретизировал влияние на организм каждого загрязняющего элемента.

Однин из основных этапов проекта – это постановка химического эксперимента. Применительно к данному проекту педагог будет выступать в роли

помощника и наставника. Химический анализ воды проводится по методикам, описанным в ГОСТах, поэтому обучающемуся необходима помощь педагога, чтобы овладеть навыками проведения эксперимента – химического анализа воды. Полученные данные обучающийся обрабатывает и сравнивает с действующим документом о качестве питьевой воды и делает соответствующие выводы, которые в дальнейшем представляются им на защите проекта.

Предполагаемым результатом, который достигает обучающийся, являются знания о видах химического загрязнения и их показателях; умениях моделировать причины загрязнения воды и проводить ее химический анализ; пропагандировать идеи и приемы рационального природопользования.

По результатам проектной работы обучающимися предполагается защита своего исследования в рамках оценивания индивидуального проекта.

Во время выполнения индивидуального проекта обучающиеся формируют следующие компетенции: учебно-познавательные – умения определять задачи для достижения цели и составлять план работы, вести наблюдения и проводить эксперимент по существующим методикам; ценностно-смысловые – принятие социальных проблем общества; общекультурные – оформление отчета по проделанной работе, презентация и отношение к работе конкретного обучающегося; информационные – поиск, отбор, анализ информации; коммуникативные – обсуждение результатов; компетенции личностного саморазвития – формирование и развитие личностных качеств.

Проектная деятельность по теме «Химический анализ воды» дает обучающимся возможность изучить и освоить методики проведения качественного анализа по обнаружению загрязняющих веществ; научиться определять органолептические показатели воды; освоить количественные методики проведения анализа и их интерпретировать. Обучающиеся формируют методы познания, такие как теоретические – анализ и синтез, сравнение, конкретизация, обобщение; эмпирические – эксперимент, получение информации об объекте, систематизация; статистические – метод визуализации данных.

Можно отметить, что проектная деятельность по химии является сложной в плане наличия оборудования и реактивов в школах. Одним из путей преодоления этих сложностей является сотрудничество школ с Вологодским государственным университетом. Обучающиеся могут проводить химический эксперимент в химических лабораториях по методикам ГОСТа. В числе тем, над которыми работают школьники на базе Вологодского государственного университета при непосредственном консультировании автора данной публикации, являются: «Исследование химического состава воды из водоемов Вологодского района» и «Изучение химического состава почвенного покрова города Вологды».

1. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования : Приказ Министерства образования

и науки РФ от 17 декабря 2010 г. N 1897 : информационно-правовой портал. – URL: http://ivo.garant.ru/#/document/55170507/ (дата обращения: 22.12.2020). – Текст : электронный.

2. Чайка, А. Н. Метод проектов в образовательном пространстве школы / А. Н. Чайка // Химия в школе. – 2006. – № 6. – С. 48–52.

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СУЛЬФИРУЮЩИХ АГЕНТОВ ОЛЕУМА

Д.П. Ростова, И.Д. Вольф, К.К. Кузьменко
Научный руководитель ***А.А. Дегтярев****, канд. техн. наук, доцент*
Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов

При производстве сульфозамещенных органических и неорганических веществ широкое распространение имеют процессы сульфирования олеумом. Данные процессы протекают по механизму электрофильного замещения, в которых нуклеофильными частицами являются молекулы сульфируемого вещества, а электрофильными – частицы сульфирующего агента (СА). В роли истинного СА могут выступать триоксид серы, его димер, тример, а также сульфурилий-катион [1–4]. Рассмотрим электрофильную активность сульфирующих частиц на примере производства сульфаминовой кислоты, которое осуществляется путем сульфирования карбамида в 24 % олеуме и при температуре 60–70 ºС [5].

Изучать активность СА будем на основании индексов реакционной способности (ИРС), в качестве которых примем заряды на атомах, химический потенциал, абсолютную жесткость и индекс электрофильности. Влияние растворителя будем учитывать с использованием континуальной модели D-PCM [6] при оптимизации и COSMO [7] для одноточечного расчета. Используем следующие значения параметров растворителя: диэлектрическая постоянная (для серной кислоты 101), эффективный радиус растворителя (1.3 Å), первый потенциал ионизации (0.45569162 Хартри).

В качестве расчетного метода примем DFT с гибридным функционалом и двухэкспоненциальным базисом Даннинга с диффузионными функциями: DFT/B3LYP5/aug-cc-pVDZ [8].

Заряды на атомах будем рассчитывать по теории Бейдера в программном комплексе AIMAll.

Оценка ИРС реагентов будет производится по следующим формулам:

$$\eta = \frac{E_{НВМО} - E_{ВЗМО}}{2}, \quad (1)$$

$$\mu = \frac{E_{НВМО} + E_{ВЗМО}}{2}, \quad (2)$$

$$\omega = \frac{\mu^2}{2\eta}. \quad (3)$$

В ходе расчета были получены ИРС для триоксида серы, его димера, тримера (в двух формах, с симметрией C_3 и C_2) и сульфурилий-катиона.

Значения электрофильных характеристик представлены в таблице 1.

Таблица 3

Жесткость, химический потенциал и индекс электрофильности реагентов в растворителе

	$(NH_2)_2CO$	SO_3	S_2O_6	$S_3O_9(C_3)$	$S_3O_9(C_2)$	HSO_3^+
жесткость	6.635	7.529	7.977	8.023	7.874	7.644
химический потенциал	4.932	6.942	6.668	6.938	6.929	9.042
индекс электрофильности	1.833	3.200	2.787	2.999	3.049	5.348

Абсолютное значение жесткости частиц карбамида и СА говорит о предпочтительном зарядовом контроле реакции.

Значение индекса электрофильности говорит об увеличении активности электрофила в ряду $S_2O_6 < S_3O_9(C_2) < S_3O_9(C_3) < SO_3 < HSO_3^+$.

Для частиц СА характерна концентрация положительного заряда на атомах серы, которые будут являться центром электрофильной атаки. Центром атаки на молекуле карбамида будут являться атомы азота (–1.23) и кислорода (–1.28), имеющие наибольший отрицательный заряд.

Заряды для СА представлены в таблице 2.

Таблица 4

Наибольшие заряды на атомах сульфирующего агента

SO_3	S_2O_6	$S_3O_9(C_3)$	$S_3O_9(C_2)$	HSO_3^+
3.350	3.287	3.335	3.334	3.375

Данные таблицы 2 показывают, что активность СА будет увеличиваться в ряду $S_2O_6 < S_3O_9(C_3) \approx S_3O_9(C_2) < SO_3 < HSO_3^+$.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что наибольшую активность из представленных СА имеет сульфурилий-катион, а из форм триоксида серы – мономер.

1. Brown, W.H. Introduction to Organic Chemistry / W.H. Brown, T. Poon. – Wiley, 2017. – 696 p.

2. Cerfontain, H. Sulfur trioxide sulfonation of aromatic hydrocarbons / H. Cerfontain // Recueil Des Travaux Chimiques Des Pays-Bas. – 1985. – Vol. 104, No 6. – P. 153–165. – https://doi.org/10.1002/recl.19851040602.

3. Dado, G. Sulfonation and Sulfation. In: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology / G. Dado, E.A. Knaggs, M.J. Nepras. – New York : Wiley, 2006. – https://doi.org/10.1002/0471238961.1921120611140107.a01.pub2

4. Aromatic sulfonation with sulfur trioxide: mechanism and kinetic model / S. Moors, X. Deraet, G Van Assche., P. Geerlings, F. De Proft // Chemical science. – 2016. – Vol. 8, No 1. – P. 680–688. – https://doi.org/ 10.1039/C6SC03500K.

5. Degtyarev, A. A. Research the sulfonation mechanism of urea in oleum by density functional theory calculation / A. A. Degtyarev, A. V. Trishina. // Butlerov Communications. – 2019. – Vol. 59, No.8. – P. 32–39. – https://doi.org/10.37952/ROI-jbc-02/19-59-8-32.

6. Cammi R. Remarks on the use of the apparent surface charges (ASC) methods in solvation problems: Iterative versus matrix inversion procedures and the renormalization of the apparent charges / R. Cammi, J. Tomasi // J. Comput. Chem.-- 1995. – Vol. 16, No 12. – P. 1449–1458. – https://doi.org/10.1002/jcc.540161202.

7. Klamt, A. COSMO: A New Approach to Dielectric Screening in Solvents with Explicit Expressions for the Screening Energy and its Gradient / A. Klamt, G. Schüürmann // J. Chem. Soc. Perkin Trans. – 1993. – Vol. 2. – P. 799–805. – https://doi.org/10.1039/P29930000799

8. Lee C. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density / C. Lee, W. Yang, R.G. Parr // Phys. Rev B. – 1988. – Vol.37. – P.–785–789. – https://doi.org/10.1103/physrevb.37.785.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ УГЛЕРОДА

А.В. Степанова

Научный руководитель ***А.В. Каленский****, д-р физ.-мат. наук, профессор*

Кемеровский государственный университет

г. Кемерово

Исследование процессов импульсного нагревания композитов на основе прозрачных матриц и наночастиц (НЧ) различных включений актуально в настоящее время. Такие материалы широко используются в нелинейной оптике, например в переключающих элементах [1, 2], оптических детонаторах [3, 4]. Возникающие при нагревании термоупругие напряжения в некоторых случаях могут вызвать деградацию физических свойств материала, что в процессе эксплуатации испытывающих устройств нежелательно. С другой стороны, при оптимизации составов капсюлей для оптических детонаторов основным пара-

метром выступает минимизация критической плотности [3, 4], для чего необходимо увеличить эффективность нагревания.

В данной работе рассматривается возможность использования НЧ углерода в качестве сенсибилизирующей добавки к вторичному ВВPETN, так как они демонстрируют интересные оптические свойства. Для того, чтобы оценить возможность использования НЧ углерода в капсюлях оптических детонаторов, необходимо рассчитать спектральные зависимости коэффициентов эффективности поглощения наночастиц, определить условия максимального проявления поглощения.

Цель работы: оценка спектральных зависимостей значений коэффициента эффективности поглощения для наночастиц углерода в матрице PETN и в вакууме.

Неодимовый лазер характеризуется хорошим качеством импульса как по геометрическому, так и временному критериям. Практически все исследования взрывных характеристик, инициирующих и вторичных ВВ, выполнены именно на этом лазере. В работах [5, 6] установлено, что композиты на основе PETN и НЧ алюминия существенно чувствительнее ко второй гармонике неодимового лазера, чем на первой. Реализация плазмонного резонансного поглощения должна (по данным работы [7]) значительно снизить критическую плотность энергии инициирования оптического детонатора. Но в этом случае менее интенсивно себя проявят рассеивающие свойства НЧ, которые приведут к заниженному значению коэффициента повышения освещенности в исследуемом образце. Решение задачи проводим в математическом пакете MatLab (лицензия на научную деятельность № 824977).

На рисунке 1 представлена зависимость коэффициентов эффективности поглощения от радиуса НЧ углерода в матрице PETN.

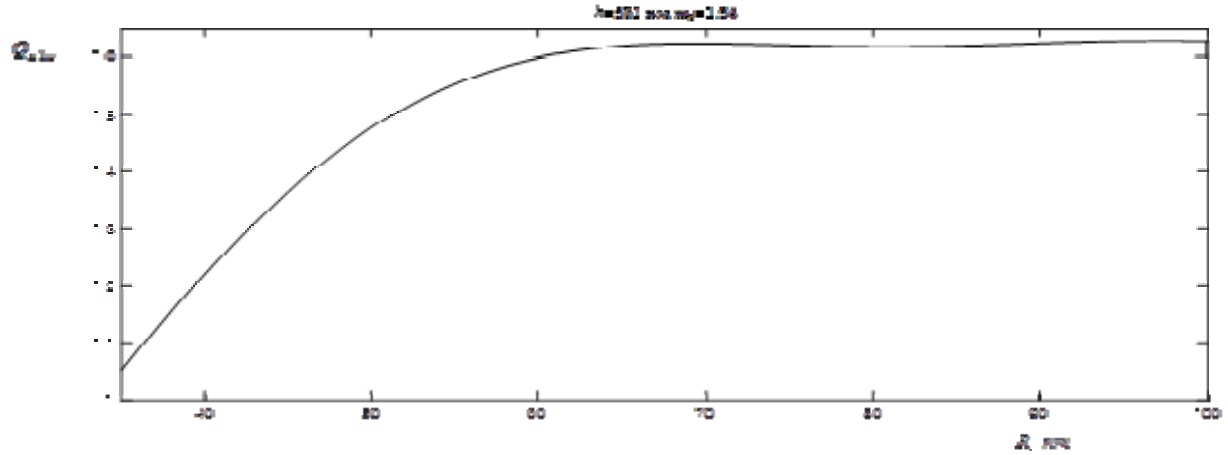


Рис. 1. Зависимости коэффициентов эффективности поглощения от радиуса наночастиц углерода в матрице PETN

На рисунке 2 изображена зависимость коэффициентов эффективности поглощения от радиуса наночастиц углерода на второй гармонике в вакууме.

При увеличении R значения Q вначале возрастает, проходит через максимум (Q_{max}) и после начинает медленно убывать.

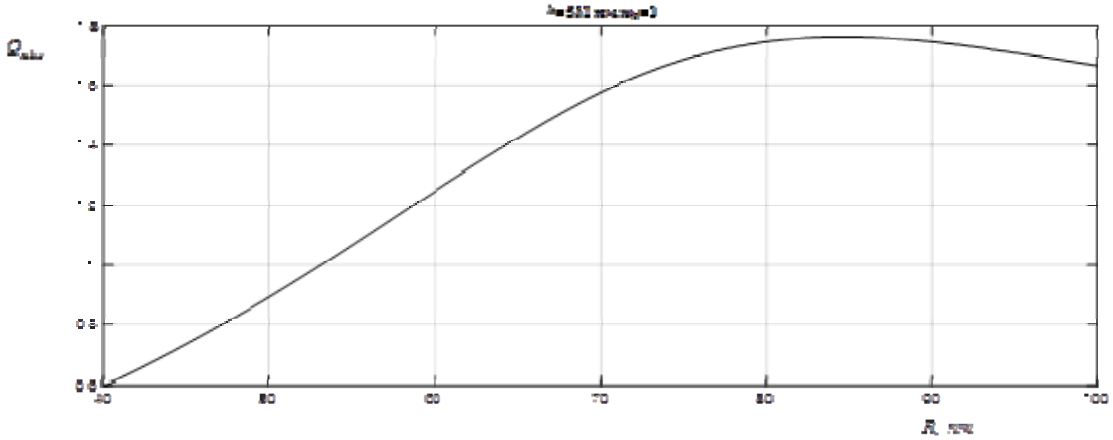


Рис. 2. Зависимости коэффициентов эффективности поглощения от радиуса наночастиц углерода на второй гармонике в вакууме

Анализируя рисунки 1 и 2, можно сделать вывод о том, что на второй гармонике НЧ углерода проявляют себя нетипично. Максимум значений Q_{abs} сдвинут в сторону больших радиусов.

Рассчитанные зависимости максимальных значений $Q_{max}(\lambda)$ приведены на рисунках 3 и 4. На длине волны второй гармоники неодимового лазера (длина волны 532 нм) Q_{max} имеет значение приблизительно 1.765, что свидетельствует о том, что НЧ углерода вполне могут использоваться в качестве сенсибилизирующей добавки в оптических детонаторах (рис. 3).

В матрице ВВ зависимость $Q_{max}(\lambda)$ (рис. 4) для НЧ углерода в диапазоне 580 до 635 нм стремительно увеличивается, далее начинает монотонно убывать. Абсолютный максимум наблюдается на длине волны 635 нм и составляет величину более 1,735.

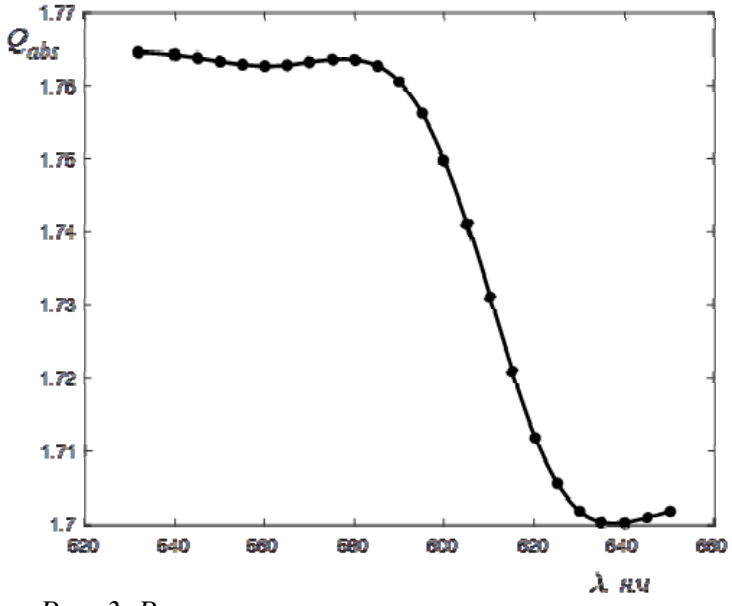


Рис. 3. Рассчитанные спектральные зависимости максимальных значений Q_{max} наночастиц углерода в вакууме

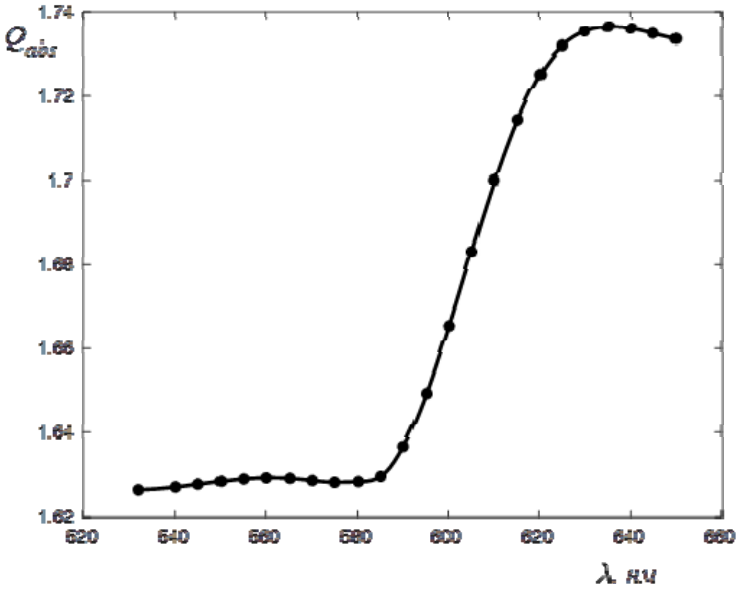


Рис. 4. Рассчитанные спектральные зависимости максимальных значений Q_{max} наночастиц углерода в матрице PETN

Анализируя рисунки 3 и 4, можно легко заметить, что зависимости в матрице PETN и в вакууме противоположны. На второй гармонике зависимость падает и примерно на длине волны в 630 нм совпадает с зависимостью в матрице. С удалением от второй гармоники эта аномалия быстро пропадает, то есть это локальная особенность.

Выводы: и в вакууме, и в матрице PETN НЧ углерода дают большие значения Q_{abs}, что позволяет использовать НЧ углерода в качестве перспективной добавки в матрицу взрывчатого вещества для создания оптического детонатора.

Автор выражает благодарность научным руководителям: профессору А.В. Каленскому и д-ру физ.-мат. наук А.А. Звекову.

1. Z-scan study of nonlinear absorption of gold nano-particles prepared by ion implantation in various types of silicate glasses / W. Husinsky, A. Ajami, P. Nekvindova, B. Svecova [at al.]. – DOI: 10.1016/j.optcom.2012.01.044 // Optics Communications. – 2012. – V. 285. – P. 2729–2733. DOI: 10.1016/j.optcom.2012.01.044.

2. Ряснянский, А. И. Нелинейные оптические свойства наночастиц золота диспергированных в различных оптически прозрачных матрицах / А. И. Ряснянский, B. Palpant, S. Debrus, U. Pal, А. Л. Степанов // Физика твердого тела. – 2009. – Т. 51, № 1. – С. 52–56.

3. Никитин, А. П. Расчет параметров инициирования взрывного разложения тэна с наночастицами хрома // Современные фундаментальные и прикладные исследования. – 2013. – № 2 (9). – С. 29–34.

4. Каленский, А. В. Влияние длины волны лазерного излучения на критическую плотность энергии инициирования энергетических материалов /

А. В. Каленский, А. А. Звеков, М. В. Ананьева, И. Ю. Зыков, В. Г. Кригер, Б. П. Адуев // Физика горения и взрыва. – 2014. – Т. 50, № 3. – С. 98–104.

5. Каленский, А. В. Кинетические закономерности взрывчатого разложения таблеток ТЭН - алюминий / А. В. Каленский, М. В. Ананьева, А. А. Звеков и др. // ЖТФ. – 2015. – Т. 85. – № 3. – С. 119–123.

6. Адуев, Б. П. Температурная зависимость порога инициирования композита тетранитропентаэритрит-алюминий второй гармоникой неодимового лазера / Б. П. Адуев, Д. Р. Нурмухаметов, И. Ю. Лисков и др. // ХФ. – 2015. – Т. 34. – № 7. – С. 54–57.

7. Каленский, А. В. Особенности плазмонного резонанса в наночастицах различных металлов / А. В. Каленский, А. А. Звеков, А. П. Никитин, М. В. Ананьева, Б. П. Адуев // Оптика и спектроскопия. – 2015. – Т. 118. – № 6. – С. 1012–1021.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИПИДОГРАММЫ КРОВИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАТОЛОГИЯХ

А.К. Федоськина
Научный руководитель ***Ю.А. Марсянова***
Рязанский государственный медицинский университет
имени академика И.П. Павлова
г. Рязань

В современном мире показатель уровня смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы является одним из самых высоких. Об этом свидетельствуют официальные данные Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), согласно которым только за 2016 год от болезней сердца и кровеносных сосудов умерло 17,9 млн человек, что составило 31 % от общего количества смертей в мире. Этиология данной группы заболеваний может быть различна, однако главными факторами их развития считают чрезмерное употребление алкоголя, табака, а также ожирение. При этом проблема ожирения в последние годы становится все более актуальной во многих странах мира, в том числе и в России, которая в 2015 году заняла 4-ое место по количеству людей, страдающих лишним весом и ожирением.

Согласно статистике ВОЗ, процент людей, имеющих избыточный вес, с каждым годом становится все выше. Так, например, в 2008 году среди взрослого населения ожирение наблюдалось у 500 млн человек (7,5 % от общей численности мирового населения), в 2014 году – у 600 (8,3 %), а к 2016 году их число достигло отметки в 650 млн (8,8 %). Данные показатели значительно отличаются от таковых за 1975 год, когда только 2,6 % людей во всем мире страдали ожирением. К сожалению, на сегодняшний день подобная статисти-

ка является вполне обусловленной, поскольку образ жизни современного человека предполагает наличие небольших физических нагрузок и большого количества потребляемых калорий, что приводит к энергетическому дисбалансу и возникновению гиперлипидемии.

При диагностике проблем ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний одним из методов исследования является составление липидограммы, включающей показатели уровня содержания различных фракций липидов в плазме крови. Изменение каждого из этих показателей характеризует наличие определенного заболевания в организме человека. В свою очередь, изучение проблем влияния липидного обмена на развитие различного рода заболеваний в последние годы вызывает широкий научный интерес, и аспекты данной проблемы активно обсуждаются в современных публикациях, связанных с этой тематикой [1, 2].

Одни авторы с изменением липидного обмена и развивающимися на этом фоне этого ожирением связывают возникновение такого заболевания, как эссенциальная артериальная гипертензия, сопровождающаяся длительным стойким повышением артериального давления. При этом на липидограмме наблюдается повышение следующих показателей липидного обмена: общего холестерина, липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и триглицеридов [1].

Другие же авторы отмечают возникновение ишемической болезни сердца, развивающейся на фоне образования атеросклероза из-за дислипидемии [3]. По их мнению, это связано, прежде всего, с повреждением коронарных сосудов вследствие изменения соотношения липидных фракций в плазме крови.

В целом анализ публикаций показывает, что липидный обмен влияет на общее состояние сердечно-сосудистой системы, вызывая целый ряд сопутствующих заболеваний. Важнейшими же патологическими процессами в организме, обусловленными нарушениями липидного обмена, являются атеросклероз и ожирение, провоцирующие развитие различных осложнений.

По мнению Д.М. Аронова и В.П. Лупанова, придерживающихся липидной теории атеросклероза, на первоначальных этапах развития данного заболевания происходит повреждение эндотелия, что позволяет липидам накапливаться в субэндотелиальном пространстве. Образовавшаяся атеросклеротическая бляшка выступает в просвет сосуда и вызывает его сужение, затрудняя нормальный кровоток [4]. На данном этапе в плазме крови человека наблюдается гиперхолестеринемия. При проведении липидограммы диагностическое значение имеет отклонение от нормы показателей содержания в крови липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) и ЛПНП. Таким образом, риск возникновения атеросклероза значительно увеличивается при понижении уровня холестерина ЛПВП и повышении показателей холестерина ЛПНП в плазме крови.

Нормальный уровень общего холестерина в крови взрослого человека не должен превышать 5 ммоль/л. Однако при проведении исследования стоит

учитывать тот факт, что значения нормы варьируются в зависимости от индивидуального состояния пациента, а также от наличия у него различных сопутствующих заболеваний. В таблице приведены нормальные показатели липидограммы у здорового человека, а также при сахарном диабете, ишемической болезни сердца и беременности [4, 5, 6].

В таблице представлены базовые показатели липидограммы, однако в некоторых случаях она может быть представлена и в более развернутом виде. При этом в состав липидного профиля также входят показатели холестерина липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП), аполипопроетина А1 (apo A1), аполипопротеина В (apo B), липопротеина (а) (Lp(a)) и холестерина не-ЛПВП (холестерина, на связанного с ЛПВП) [7]. Кроме этого, как в первом, так и во втором случае, анализ липидного обмена может включать расчет индекса атерогенности (ИА), показывающего степень нарушения холестеринового обмена.

ИА выводится по следующей формуле [8]: $\frac{\text{ОХ} - \text{ХС ЛПВП}}{\text{ХС ЛПВП}}$.

На наш взгляд, чем шире анализ крови, тем больше вероятность своевременной постановки диагноза пациенту.

Таблица

Значение нормы показателей липидограммы в зависимости от индивидуального состояния пациента

Показатель	Здоровый человек	Сахарный диабет	Ишемическая болезнь сердца	III триместр беременности
ОХ (ммоль/л)	<5,0	<4,5	<4,5	6,48±0,48
Триглицериды (ммоль/л)	<1,7	<1,7	<1,7	1,99±0,27
ЛПНП (моль/л)	<3,0	<2,5, но <1,8 при наличии факторов риска сердечно-сосудистых осложнений	<2,5	4,69±0,21
ЛПВП (моль/л)	>1,0 (у мужчин), >1,2 (у женщин)	>1,0 (у мужчин), >1,2 (у женщин)	>1,0 (у мужчин), >1,2 (у женщин)	0,89±0,22

Еще Гиппократ говорил о том, что «болезнь легче предупредить, чем лечить», и до настоящего времени его слова являются актуальными.

Исследование липидного спектра плазмы крови не включено в общий анализ и проводится лишь при наличии определенных показаний: при наследственной предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям, при сахарном диабете, при ишемической болезни сердца, после инфаркта и так далее. Однако, как утверждают авторы многочисленных научных публикаций по

данной тематике, анализ показателей липидного обмена позволяет получить более широкое и информативное представление о соотношении основных компонентов крови. Это, в свою очередь, позволяет не только выявить наличие патологий сердечно-сосудистой системы, но также и оценить риск их развития под влиянием разнообразных факторов окружающей среды. Особенно остро эта проблема выявляется в современном мире, когда смертность по причине сердечно-сосудистых заболеваний, как уже было обозначено ранее, остается на высоком уровне и, несмотря на значительные достижения в области медицины, все равно продолжает расти. Кроме того, в условиях агрессивного распространения коронавирусной инфекции Covid-19 выявление предрасположенности к заболеваниям данной группы или их начальных стадий, как правило, не сопровождающихся яркими клиническими проявлениями, представляет особую ценность. На настоящий момент учеными различных стран уже доказано непосредственное влияние этого вируса не на дыхательную, а на сердечно-сосудистую систему, повреждения которой затрагивают и органы дыхания. Именно поэтому своевременное проведение липидограммы крови и вместе с тем выявление заболеваний сердца и органов кровообращения без явной симптоматики позволяет предотвратить многие нежелательные последствия, в том числе и смерть пациента.

1. Чалданбаева, А. К. Оценка углеводного и липидного обмена у людей с гипертонической болезнью / А. К. Чалданбаева, Л. Г. Гайнатулина // Бюллетень науки и практики. – 2020. – № 6. – С. 92–102.

2. Успенский, Ю. П. Липидный обмен у лиц с желчнокаменной болезнью / Ю. П. Успенский, Ю. А. Фоминых, К. Н. Наджафова // University therapeutic journal. – 2020. – № 1. – С. 74–75.

3. Волкова, А. Р. Показатели липидного спектра крови и функциональное состояние щитовидной железы у больных ишемической болезнью сердца / А. Р. Волкова, Е. И. Красильникова, С. В. Дора, О. Д. Беляева, В. И. Иванов, И. Д. Есипович, В. Ю. Козулин, Д. А. Зверев, Е. Н. Гринева, Е. В. Шляхто // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2009. – № 3 (27). – С. 88–91.

4. Аронов, Д. М. Некоторые аспекты патогенеза атеросклероза / Д. М. Аронов, В. П. Лупанов // Атеросклероз и дислипидемии. – 2011. – № 1 (2). – С. 48–56.

5. Мохова, Е. Липидограмма. – URL: https://rule15s.com/knowledge/lipidogramma (дата обращения: 21.10.2020). – Текст : электронный.

6. Мацынин, А. Н. Особенности липидного обмена у беременных // Таврический медико-биологический вестник. – 2013. – № 2 – 1. – С. 145–147.

7. Липидный профиль: расширенный. – URL: https://www.invitro.ru/analizes/profi/898/6741/ (дата обращения: 23.10.2020). – Текст : электронный.

8. Воробьев, Р. И. Особенности липидного обмена и частота встречаемости дислипидемий у городских жителей / Р. И. Воробьев, Е. А. Шарлаева, Е. Н. Воробьева, Г. Г. Соколова, А. С. Казызаева, Д. М. Рудакова, А. А. Ефремушкина // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2016. – № 3. – С. 35–43.

СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНО-ОЧАГОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

И.И. Шухтина
Научный руководитель ***Ю.Н. Белова****, канд. биол. наук*
Вологодский государственный университет
г. Вологда

Актуальность. Природно-очаговые инфекции – существенный фактор, определяющий качество среды обитания, состояние здоровья и эпидемиологическую безопасность населения в условиях конкретной территории. В этой связи постоянный мониторинг природно-очаговых инфекций имеет важное медико-социальное значение [1].

Ландшафтно-географические и климатические условия Вологодской области благоприятны для существования природных очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), лептоспироза, туляремии и клещевых инфекций [2]. Выявление этих заболеваний у населения области, а также подтвержденное присутствие возбудителей в телах диких животных определило то, что территория региона отнесена к энзоотичной.

При мониторинге очагов природно-очаговых заболеваний объектом исследования являются мышевидные грызуны – носители возбудителей природно-очаговых инфекций, а также кровососущие членистоногие – переносчики возбудителей, которые не только обеспечивают циркуляцию патогенов в природе, но и служат их долговременными хранителями. В природных очагах осуществляется сбор носителей и переносчиков инфекций, продуктов их метаболизма, а также проб воды из естественных источников для лабораторного анализа с целью выявления возбудителей инфекций.

Целью настоящей работы является анализ современных данных, полученных в ходе исследования природно-очаговых болезней на территории Вологодской области.

Материалы и методы. На территории Вологодской области многолетние исследования природных очагов инфекций выполняются Центром гигиены и эпидемиологии. Исследования включают полевые работы, в ходе которых осуществляется сбор животных – природных источников и переносчиков инфекций, а также лабораторный анализ для определения уровня их инфицированности. Полевые исследования ведутся на стационарных пунктах [3], кото-

рые расположены в 4 ландшафтно-эпидемиологических районах: центральном, северо-западном, юго-западном, восточном, с применением стандартными методов изучения природных очагов инфекций [4]. Сбор животных проводится в местообитаниях характерных для носителей и переносчиков инфекций: лесных, лугово-полевых и околоводных. В природных условиях изучается численность, видовой состав и структура населения диких мелких млекопитающих, а также сроки активности и численность иксодовых клещей. Мониторинг за циркуляцией возбудителя туляремии также включает сбор и проведение лабораторных исследований погадок хищных птиц, гнезд мелких млекопитающих, а также проб воды из открытых водоемов.

Личный вклад автора в выполнение исследования включает в себя инвентаризацию, классификацию и обобщение полевых материалов, полученных на стационарных пунктах наблюдений, а также результатов лабораторных анализов.

Результаты и их обсуждение. В 2019 году было отловлено 13 видов мелких млекопитающих. Встречаемость зверьков в ловушках в каждый из сезонов (осень, зима, весна, лето) была выше в лесных биотопах (в среднем за год 9,8 %), а в лугово-полевых и околоводных была почти на одном уровне (соответственно, 7,6 и 6,6 %). В сезонном аспекте самые высокие суммарные показатели встречаемости млекопитающих в ловушках были осенью (11 %) и летом (9 %). Показатели встречаемости млекопитающих, отмеченные для весны и лета, заметно ниже и составляют 6,9 и 7,1 %. Высокие показатели встречаемости зверьков отмечены в северо-западном и центральном ЛЭР: там попадаемость животных в ловушки составляет 12,3 % и 10,9 % соответственно; наименьшие показатели отмечаются в восточном ЛЭР – 8,8 % и юго-западном ЛЭР– 5,1 %.

Инфицированность животных лептоспирозом и ГЛПС составила 10,6 % (возбудители туляремии не обнаружены). Результаты показывают, что эпизоотии протекали на всей территории Вологодской области.

Число находок антител к возбудителю лептоспироза составило 7,3 % от общего числа исследованных мелких млекопитающих. Анализ инфицированности мелких млекопитающих лептоспирозом по различным ЛЭР показывает, что максимальное число положительных проб (от общего количества положительных находок) году отмечается на территории восточного ЛЭР – 34,1 % и центрального ЛЭР – 31,8 %, в юго-западном – 18,1 %, и северо-западном – 15,9 %.

При исследовании погадок хищных птиц было установлено, что из них 10,6 % инфицированы возбудителями туляремии. Наибольшая доля инфицированных погадок зарегистрирована в восточном (24 %, здесь и далее, от общего числа взятых в данном районе проб) и юго-западном ЛЭР (16 %). В северо-западном и в центральном ЛЭР доля инфицированных погадок составила по 8 %. По результатам лабораторных исследований гнезд мелких млекопитающих, возбудители туляремии обнаружены в 6 % гнезд во всех четырех ЛЭР. При исследовании 140 проб воды из открытых водоемов выявлено 5 положительных проб. Возбудитель туляремии обнаружен в 4 пробах, отобранных с территорий центрального ЛЭР и в 1 пробе с территории северо-западного ЛЭР.

В связи с ранней весной первые активные клещи появились на территории Вологодской области в 2019 году в конце марта. Пик активности клещей отмечался первую декаду мая. Среднее обилие иксодовых клещей на стационарных пунктах наблюдений за сезон составило 9 экземпляров на 1 ф/ч учета. Ландшафтное распределение иксодовых клещей по территории Вологодской области неравномерное. Наиболее высокие показатели численности отмечались в северо-западном ЛЭР – 17 экземпляров на ф/ч учета и центральном ЛЭР – 8 экземпляров на ф/ч учета.

Вирус клещевого энцефалита обнаружен в 1,3 % проб (изучено 680 экземпляров). Показатель зараженности клещей вирусом в северо-западном ЛЭР составил 1,3%, в центральном – 0,4 %, восточном – 3 %. В юго-западном ЛЭР зараженных клещей не было встречено. Доля клещей, зараженных боррелиями составила 40 %, при этом показатель зараженности клещей боррелиями в разрезе ЛЭР колебался в пределах от 37 % (от общего числа проанализированных клещей) в юго-западном ЛЭР до 42 % в восточном ЛЭР.

Выводы. В ходе сравнительного анализа данных, полученных в 2019 году, и многолетних показателей обнаружено, что 2019 году уровень инфицированности мелких млекопитающих возбудителем ГЛПС соответствует среднемноголетнему показателю, возбудителем лептоспироза – на 0,3 % ниже среднемноголетнего уровня, возбудитель туляремии в исследуемых мышевидных грызунах не обнаружен. Численность иксодовых клещей на территории Вологодской области в 2019 году осталась ниже среднемноголетнего значения в 1,7 раз, а их инфицированность возбудителями клещевого энцефалита ниже среднемноголетних значений на 0,2 %, боррелиоза – выше на 7 %.

Несмотря на то, что данные 2019 года в основном не превышают среднемноголетние показатели, ситуация по природно-очаговым инфекциям на территории Вологодской области продолжает оставаться нестабильной и требует дальнейшего наблюдения.

1. Сочетанное проявление природных очагов на территории Вологодской области / И. В. Филоненко [и др.] // Паразитология. – 2002. – Т. 36, вып. 1. – С. 26–32.

2. Рыбакова, Н. А. Зооантропонозные болезни в условиях Европейского Севера России : специальность 16.00.03, 14.00.30 : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биолгических наук / Рыбакова Нина Алексеевна. – Санкт-Петербург, 1996. – 48 с.

3. МУ 3.1.1029-01. Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекций. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.

4. Методы изучения природных очагов болезней человека / под редакцией П. А. Петрищевой, Н. Г. Олсуфьева. – Москва : Медицина, 1964. – 308 с.

.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

Алешко Р.А., Шошина К.В., Богданов А.П. Методика интерпретации параметров лесных ресурсов по данным съемки с беспилотного летательного аппарата 4
Аносова Т.С. Разработка Web-ресурса для комплекса плавательных бассейнов 7
Баринов А.Н. Разработка программного обеспечения для лабораторного практикума на Java 11
Басов А.С. Методы разработки приложений для визуализации процессов 3D-моделирования 15
Березина А.А. Игровое приложение дисциплины «Представление знаний в информационных системах» 19
Биловол Е.О., Шевелев Д.В. Проектирование КСВ-метра на обрабатывающей сигнал платформе 23
Богданов Д.И. Разработка системы прогнозирования победителей закупок ... 26
Викторова А.В. Разработка информационного обеспечения автоматизации деятельности детского сада 28
Волков Е.О. Разработка системы распознования вязкой составляющей на изломах металла 32
Вяткин Д.А. Использование множественных функций потерь для обучения нейронной сети 37
Григорьев Д.А., Макаровский М.А. Эффективность автоматизированных систем управления дорожным движением 42
Григорьев Е.С. Анализ динамических свойств системы обращения с дефектами в программных продуктах на основе системного архетипа ... 45
Денисова М.В. Анализ показателей популярности средств разработки программного обеспечения 48
Жаравин Д.Е. Конфигурируемость системы мониторинга и планирования аграрной деятельности 52
Залескевич А.С. Приложение на смартфон по изучению языка Rust 56
Ивлиев Б.М. Трансформация сферы образования в условиях цифровизации 60
Карачунов А.Г. Программная реализация метода увеличения комбинируемости химических составов стали 65
Кириллов А.С. Разработка мобильного приложения для обучения языку SQL 69
Козин Д.Ю. Разработка генератора web-страниц на основе шаблонов 73
Коппалина А.А. Защита информационных систем от комплексных внешних воздействий 75
Коробейников М.И. Применение методов численного интегрирования для расчета ядра Черчиньяни–Лемпис 79

Крымов А.С. Автоматизация поиска информации для обучения информационным технологиям 82
Кузьмина М.Н. Информационные модели параметров систем нагрева гидравлических прессов 85
Кузьминых А.Е. Разработка алгоритмов и программных средств для распознавания пневмонии 90
Лебедева Н.К. Ассоциативная связь параметров между программами «Вертикаль» и «Компас-3D» 94
Лучников Я.А., Машьянова А.А. Система управления освещением на основе беспроводной сети 96
Мартюгов А.С. Акустический контроль состояния клапанов газоочистного оборудования 100
Мороз А.И. Создание информационной системы «Расписание занятий учебного центра "Мезон"» 104
Морозов М.А. Принцип построения виртуального визуализатора 107
Нивин А.И., Бурлуцкая А.Г. Определение основных расчётных методов измерения температуры дорожного покрытия 110
Паршонок М.А. Программное обеспечение комплекса виртуальной реальности: «подъемные технологии» 114
Пекин С.Е. Интеллектуальная система световой судовой обстановки 117
Перминов Д.Д. Разработка системы моделирования пожарных ситуаций ... 121
Попова А.А. Автоматизация мониторинга арктических животных на основе глубокого обучения 124
Притыченко И.А. Разработка адаптивной системы обученния языкам программирования 127
Прусаков Д.М. Решение для улучшения анализа графических данных 130
Роднин А.В. Подходы для достижения мобильности электронного учебника в системе MOODLE 133
Сенченко Д.А. Актуальность платформы Unity для разработки игровых проектов 136
Середа Д.А. Разработка мобильного приложения для обучения поведению в экстремальных ситуациях 138
Сорокин А.Л. Разработка браузерного расширения для агрегирования интернет-заказов 142
Сытова А.А. Приложение для коммуникации с пользователями на базе социальной сети 145
Трофименко Я.М. Модель обработки информации в системе слежения за стальковшами 149
Фомичев Д.Ю. Автоматизированная система метрологического учета и анализа средств измерений 153
Христодуло А.Д. Решение задачи в условиях неопределенности методом Promethee 157

Чугреев Д.А. Комплекс лабораторных работ по изучению языка программирования JASON 160
Чукалова Д.А. Программный модуль для конструирования ИСР проекта ... 164
Шеркунов Е.В. Разработка адаптивного учебного пособия 167
Ярмухаметова Г.И. Применение информационных технологий в образовательных процессах 170

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ И НА ТРАНСПОРТЕ»

Баканин Д.В. Автоматизация электромагнитной модификации полимеров воздействием импульсного ВЧ-поля 175
Гольбрайх Д.М. Расчет вентиляции и теплопотерь при проектировании крановой кабины 178
Инина Е.А. Оценка эффективности пресс-форм для изготовления резинотехнических изделий 182
Кардакова Ю.А. Дифференциальный подход к проектированию нагревательных плит вулканизационных прессов 186
Крыцков А.В., Поздняков И.В. Технология коллективной работы по созданию цифровой сборки УСП 191
Михайлова Ю.С. Модернизация тягового электропривода мотор-колеса карьерного автосамосвала 195
Мороз А.В. Оценка экологической опасности аккумуляторных батарей электрических транспортных средств 200
Петряшов И.С. Топологическая оптимизация 203
Тихомиров А.Е. Анализ экологичности грузовых электромобилей на водородных топливных элементах 206
Чичканов Н.В. Оптимизация параметров конструкции и режима работы нагревательной плиты гидравлического пресса 209

Секция «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Ахуньянов В.Ф. Эффективность применения солнечной электростанции в качестве собственной генерации потребителей 214
Веселов М.В. Интеллектуальное освещение учреждений в сфере социального обслуживания 219
Голубева Ю.С., Пастухова А.А. Энергообеспечение домовой церкви при Вологодском государственном университете 222
Калашников И.К. Перспективы применения технологий аккумулирования и хранения энергии 226
Кашафутдинова Р.И. Алгоритм оценки величины потерь электроэнергии в низковольтных электрических аппаратах 229

Молчанов В.С. Структура автоматизированной системы управления технологическим процессом трансформаторной подстанции 233
Молчанов Д.С. Управление наружным освещением объектов городской парковой зоны 236
Муравьев Г.Г. Исследование и анализ кабельных линий распределительных сетей 239
Муханова П.П. Исследование низковольтных коммутационных аппаратов для электротехнических комплексов 241
Ордец С.М. Применение на производстве беспроводных датчиков температуры 244
Орехов Ю.О. Модернизация электропривода аппаратов воздушного охлаждения газа 246
Пастухова А.А. Анализ систем заземления на электрических подстанциях 251
Попова А.А. Методы беспроводной передачи энергии и их применение 255
Рогачёв Е.Д. Анализ стандартов по молниезащите и их применение на практике 259
Сафиуллин Б.Р. Цифровая мехатронная установка для удаления парафина из нефти воздействием вращающегося магнитного поля 263
Смирнов И.Н. Частотная характеристика опоры воздушной линии 267
Соболев Н.А. Перспективные энергосберегающие системы управления электрооборудованием судов 270
Туркин П.В. Анализ и оценка кондуктивных помех на объектах электроэнергетики 273
Филимонов Д.Н. Влияние схем соединения обмоток трансформатора на коэффициент несимметрии 276
Худяков И.С. Обоснование целесообразности работы энергоблока АЭС в маневренных режимах 280

Секция «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОГАЗОВОДОСНАБЖЕНИЯ, ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ»

Ануфриев В.И., Никандров Д.А. Расчёт средств борьбы с гидроударом в трубопроводной системе 283
Безрукова А.И. Выбор метода санации водовода в городе Сыктывкаре 287
Евстафьева А.А. Воздействия ультразвуковых колебаний на коэффициент теплоотдачи в пластинчатых теплообменных аппаратах 291
Киценко А.П. Взаимосвязь конструкций флотаторов со свойствами загрязняющих веществ 293
Коняева В.С. Оптимизация системы теплоснабжения поселка Нагорный ... 297
Кузнецова И.А. Результаты инструментального энергообследования спортивного корпуса 299
Куницкий В.А. Разработка высокоэффективного способа горячего водоснабжения 303

Курумханова Э.Р. Развитие тепличного растениеводства (хозяйства) при атомных электростанциях 306
Манойлова С.А. Апробация расчетно-экспериментальной методики инструментального энергообследования общественного здания 310
Невгень А.С. Снижение экологических рисков в функционировании водного хозяйства АЭС 313
Осипов Д.А. Анализ экологических рисков в системах водоснабжения и водоотведения на предприятиях атомной электроэнергетики 317
Парфенов Г.И., Трухин И.С. Разработка инновационной конструкции эжекционного кондиционера-доводчика 319
Прокофьев И.А. Модернизация воздухоразделительной установки с целью увеличения концентрации аргона 322
Рогачева Е.А., Прокофьев А.И. Перспективные направления развития энергоснабжения арктической зоны Российской Федерации 325
Силинский В.А. Изучение механизма разложения гипохлорита натрия 329
Смекалов И.О. Оптимизация тепловых потерь зданий с учетом их теплоустойчивости 333
Стеблева И.В. Влияние хозяйственной деятельности на водосборе на качество водоисточника 335
Фоминых Ю.В. Влияние различных параметров на эффективность работы регенератора 338
Шушкова А.Н. Оценка геоинформационных систем как средства моделирования инженерных систем 342

Секция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»

Козлова М.А. Исследование пешеходного комфорта площади Федулова в г. Вологде 345
Кучин О.Р. Реконструкция и реставрация зданий и сооружений с использованием BIM-технологий 349
Пучков В.М. Исследование и анализ пешеходных связей на местности 352
Резнова А.А. Сбор и анализ информации при разработке проекта реконструкции стадиона вуза 355
Туваев Н.А. Сравнение конструктивных схем высотного здания спиральной формы 357
Шевцов Л.С. Сравнительный анализ обеспеченности прочности газобетона при неполной статистической информации 361

Секция «СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ»

Апполонова Ю.С. Разрушение железобетонных конструкций, усиленных композиционными материалами 365
Булыга А.О., Никифоров В.В. Влияние добавки металлургического шлака на свойства ячеистого бетона 369

Владимиров Д.В., Никифоров В.В. Газозолобетоны на основе золы Экибастузских ТЭС 372
Волкова А.Н. Влияние расположения рабочей арматуры в изгибаемых элементах на несущую способность 375
Зеленская В.Л. Усиление железобетонных конструкций углепластиками в условиях низких температур 379
Золотова О.В. Проблема учета сил трения-сцепления внутри сваи 383
Иньков А.Э. Исследование конструктивных схем высотных зданий с аутригерами 386
Климова В.М. Влияние дефектов на несущую способность железобетонных конструкций 390
Кокина М.А. Анализ поперечного армирования железобетонных центрально-сжатых элементов 394
Кузнецов В.В. Исследование напряженного состояния шпренгельной системы 398
Лаврентьев П.С. Разработка методики экспериментального исследования усиления металлических конструкций композитными материалами 402
Митин В.А. Особенности усиления каменных конструкций trm (Textile Reinforced Mortar) 406
Пивень В.Ю. Анализ вероятностных моделей снеговых нагрузок 410
Поляков Т.А., Полуэктова Н.А. Восстановление древесины, пораженной грибами Serpula lacrymans 414
Ромицына И.А. Динамика развития строительства в Вологодской области 416
Соловьева А.А. Уточненный Р-блок на основе неравенства Чебышёва для анализа надежности строительных конструкций 420
Уткова Е.В. Исследование биоразлагаемых строительных материалов 424
Швецова И.В. Конструктивное решение фундамента для многоэтажного здания в геологических условиях г. Мурманска 428

Секция «АРХИТЕКТУРА И СРЕДОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

Алексеева Н.С. Усовершенствование показателей оценки эффективности инвестиций в «зеленое» строительство 433
Кушнир И.В. Типология прирельсовых территорий г. Красноярска 436
Почтовая А.В. Особенности развития инновационных центров стран Азии 440
Телегина А.С. Принципы построения регламентов благоустройства общественных пространств малых городов 445
Хмелевская Д.Д. Воссоздание архитектурных объектов в Нижнем Новгороде 448
Ярославцева Д.С. Редевелопмент как механизм развития депрессивных территорий на примере г. Вологды 451

Секция «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

Александров П.С. Дендроклиматический анализ роста туи западной в ГБС РАН....456
Голубева А.А. Оценка состояния зеленых насаждений деревни Прогресс Шекснинского района....459
Гусева М.А. Влияние разной концентрации ртути на мужчин с сердечно-сосудистыми заболеваниями....462
Денисова Е.А., Мазуркевич А.А. Накопление тяжелых металлов частухой подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica* l.)....464
Дурягина В.В. Анализ последствий лесных пожаров в Кичменгско-Городецком государственном лесничестве....468
Житова Н.А. Оценка воздействия на окружающую среду агрегатной лесозаготовительной техники....471
Иванова М.А. Эколого-медицинские аспекты озеленения учебных помещений вуза....475
Козак Т.Ч. Результаты экологической оценки лесных пожаров в Вытегорском районе....478
Коршунова Н.О. Оценка влияния авиационной противообледенительной жидкости на окружающую среду....481
Кузнецов Б.А. Дендрохронологический анализ деревьев – памятников живой природы в г. Москве....485
Кузнецова Э.С. Повышение экономической эффективности природоохранных инвестиционных проектов (на примере ПАО «Северсталь»)....489
Лебедева М.А. Оценка роли природно-хозяйственной системы в экономике Вологодской области....492
Одинцов А.А. Особенности лесовозобновления после лесозаготовок в Тарногском районе Вологодской области....495
Осокина А.В. Изменчивость шишек ели в насаждениях Кичменгско-Городецкого района....498
Петухова А.А. Состав и динамика лесного фонда Верховажского района....502
Смолина А.И. Экологическая паспортизация участка леса....506
Степырев М.В. Экологические исследования территории строительства бассейна Вологодского государственного университета....510
Цыкина М.Ю. Определение границ санитарно-защитной зоны по физическому загрязнению....512
Шакурова А.М. Свойства органического вещества городских почв с различной антропогенной нагрузкой....516
Бабина А.А., Евдокимова С.Л., Зыкина Ю.Н. Обращение с твёрдыми коммунальными отходами в микрорайоне «Квартал 119» города Кирова....519
Дурягина Ю.А., Юхтарова О.С. Новый способ получения теплоизоляционных материалов на основе торфа....522

Секция «БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Денисова Д.С., Никонова И.Д. Оценка степени аккумуляции меди и цинка в мышцах щуки 527
Комарова А.С. Предварительные данные по трофической диверсификации у лжеосманов *Schizopygopsis* в озере Яшилькуль (Таджикистан) 531
Кормилицына Я.М. Оптимальная масса навески лишайников для определения содержания ртути 535
Кряквина П.Ю. Кейс-метод в дополнительном образовании по биологии .. 539
Лысцева А.А. Влияние сульфата свинца на адаптационные возможности хлореллы 542
Мишина И.М. Применение дистанционных образовательных технологий в дополнительном образовании по химии..... 545
Морозкова И.А. Оптимизация процесса экстракции биологически активных веществ из плодов..... 548
Овчинников Г.Е., Никифоров В.Е., Локтионов Ю.В. Пакет прикладных программ для рассчета оптоакустического сигнала..... 552
Родыгин Д.С. Химический анализ воды как тема проектной деятельности обучающихся 556
Ростова Д.П., Вольф И.Д., Кузьменко К.К. Сравнение электрофильной активности сульфирующих агентов олеума..... 559
Степанова А.В. Физико-химические свойства наночастиц углерода..... 561
Федоськина А.К. Сравнительная характеристика липидограммы крови при различных патологиях..... 565
Шухтина И.И. Современные исследования природно-очаговых болезней на территории Вологодской области 569

Научное издание

XIV ЕЖЕГОДНАЯ НАУЧНАЯ СЕССИЯ
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Материалы
Всероссийской научной конференции

(Вологда, 24–27 ноября 2020 г.)

Том I
Технические и естественные науки

Редактор А.П. Митракова

Оригинал-макет подготовлен Н.В. Подхомутовой

Подписано в печать 09.12.2020. Формат 60×90 $^{1}/_{16}$
Уч.-изд. л. 35,97. Усл. печ. л. 36,25
Тираж 300 экз. (1-й з-д 1–21). Заказ № 597

Отпечатано: ООО «Издательство «Сад-огород», г. Вологда, ул. Текстильщиков, 20а
тел.: 8(8172) 73-12-22; e-mail: vologdapost@yandex.ru