



# ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Материалы IV Региональной научно-практической  
конференции – магистерские слушания

21–25 марта 2022 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2022

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

2022

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Материалы IV Региональной научно-практической  
конференции – магистерские слушания

21–25 марта 2022 года

Санкт-Петербург  
2022

УДК 69(063)

*Рецензенты:*

д-р техн. наук, профессор *Н. А. Черников*  
(Петербургский государственный университет путей  
сообщения Императора Александра I);  
д-р техн. наук, профессор *А. Л. Фрадков*  
(Институт проблем машиноведения РАН)

**Инженерные системы и городское хозяйство** : материалы  
IV Региональной научно-практической конференции – магистер-  
ские слушания [21–25 марта 2022 года] / Санкт-Петербургский го-  
сударственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-  
Петербург : СПбГАСУ, 2022. – 346 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1231-6

В сборнике представлены статьи студентов, молодых исследователей  
и ученых, посвященные инженерным системам, геодезии, землеустройству  
и кадастрам.

*Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ*

*Редакционная коллегия:*

д-р техн. наук, профессор *Е. В. Королев* (председатель);  
канд. техн. наук, доцент *И. И. Суханова* (заместитель председателя);  
канд. техн. наук, доцент *А. В. Волков*;  
канд. техн. наук *М. Н. Барашев*;  
канд. техн. наук, доцент *А. В. Кудрявцев*;  
канд. физ.-мат. наук, доцент *Н. С. Пономарев*;  
канд. техн. наук, доцент *В. В. Резниченко*;  
канд. хим. наук *М. С. Поляков* (ответственный редактор)

ISBN 978-5-9227-1231-6

© Авторы статей, 2022

© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2022

# СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

---

УДК 628.16:346.5

*Дарья Андреевна Беляева,*  
студент

*Андрей Николаевич Беляев,*

канд. техн. наук, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: belkadarya@gmail.com,*  
*belyaev71@list.ru*

*Daria Andreevna Belyaeva,*  
student

*Andrey Nikolaevich Belyaev,*

PhD in Sci.Tech., Master's degree student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: belkadarya@gmail.com,*  
*belyaev71@list.ru*

## «РЕГУЛЯТОРНАЯ ГИЛЬОТИНА» И ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ В ПАНДЕМИЙНЫЙ ПЕРИОД

### “REGULATORY GUILLOTINE” AND THE PROBLEMS OF WATER TREATMENT IN THE PANDEMIC PERIOD

В статье описывается текущее состояние, связанное с необходимостью актуализации, вновь введенной в процессе реформирования нормативно-правовой базы в области водоподготовки. Затрагивается период введения «регуляторной гильотины» с начала 2021 года и сложившимися к этому времени условиями, связанными с развитием инфекции COVID-19. Имеющиеся проблемы показаны на примере изменения санитарного законодательства для плавательных бассейнов. Выявлена неготовность вновь принятых документов осуществлять полноценное регулирование в быстроизменяющихся условиях. Подчеркнуто отклонение новых нормативно-правовых актов от целевых направлений развития государства.

*Ключевые слова:* регуляторная гильотина, водоподготовка, законодательство, реформы, обеззараживание воды, пандемия.

The article describes the current state associated with the need for updating, newly introduced in the process of reforming the regulatory framework in the field of water treatment. The period of introduction of the “regulatory guillotine” from the beginning of 2021 and the conditions that have developed by this time related to the development of the COVID-19 coronavirus infection are touched upon. The existing problems are shown by the example of changes in sanitary legislation for

swimming pools. The unwillingness of newly adopted documents to carry out full-fledged regulation in rapidly changing conditions has been revealed. The deviation of the new normative legal acts from the target directions of the state's development is emphasized.

*Keywords:* regulatory guillotine, water treatment, legislation, reforms, water disinfection, pandemic.

С начала 2021 года в стране начался новый период, связанный с отменой старых и введением в действие большого количества новых нормативно-правовых актов (НПА) в различных областях экономики. Данные глобальные изменения возведены в статус реформы и получили название «регуляторная гильотина». Ее результатом стала отмена 3003 актов, содержащих обязательные требования и введение новых 447 НПА [1]. В плане санитарного законодательства изменения коснулись практически всех документов, регулирующих качество водоподготовки и правил его контроля, включая СанПиН 2.1.4.1074-01 [2] и СанПиН 2.1.4.1175-02 [3]. В ходе проведенной реформы с 01.03.2021 на их замену вступил в силу новый документ – СанПиН 2.1.3684-21 [4].

Одной из основных задач, которые преследовала «регуляторная гильотина», являлось приведение норм и требований в соответствии с существующим уровнем технического прогресса, что должно в купе с другими задачами способствовать увеличению предпринимательской активности и обеспечению экономического роста в нашей стране [1]. При этом большая роль при проведении реформы отводится взаимодействию регулятора с представителями экспертного, научного и предпринимательского сообщества [5]. На этом хотелось бы заострить особое внимание в связи с изменяющимися условиями, связанными с началом пандемийного периода из-за развития инфекции COVID-19.

Последствия прихода пандемии сказались на все сферы жизни общества. Законодательная власть практически во всех странах мира была вынуждена принять меры, необходимые для снижения темпов распространения новой инфекции, а вместе с ними новые законодательные акты и внесение поправок уже в действу-

ющие нормативные документы. Правительство каждой из стран, исходя из уровня благосостояния и ситуации, складывающейся относительно развития вируса на ее территории, принимало индивидуальные меры касательно экономической, политической и социальной сфер жизни общества.

В России данный период наложился на период введения в действие новых НПА «регуляторной гильотины», что не могло не сказаться на необходимости актуализации уже введенных в действие документов. Это приобретает особую значимость в вопросах, связанных с обеззараживанием воды, поскольку это, прежде всего, определяет санитарно-эпидемиологическое благосостояние населения и в целом качество жизни граждан в существующих условиях.

Рассматривая мировой опыт, следует отметить, что ведущая власть каждого государства отдавала отличные друг от друга приоритеты и предпочтения одному из множества способов обеззараживания воды с учётом новой мировой ситуации. Чтобы понять, какая политика, принятая относительно способа обеззараживания воды, может быть и безопасной, и эффективной для Российской Федерации в условиях эпидемии COVID-19, важно проанализировать принятые в рамках «регуляторной гильотины» законодательные акты.

Для обозначения проблемы рассмотрим узко выделенное направление – обеззараживание воды плавательных бассейнов. На территории РФ с 1 января 2021 года введены в действие новые санитарно-эпидемиологические правила СП 2.1.3678-20 [6] и отменен ранее действовавший СанПиН 2.1.2.1188-03 [7]. Помимо этого, при эксплуатации плавательных бассейнов активно используются ГОСТ Р 53491.1-2009 [8] и ГОСТ Р 53491.2-2012 [9]. Статус этих стандартов не изменился, они по-прежнему действуют, но, в отличие от [6], носят рекомендательный характер и их требования не являются обязательными. Таким образом, по тем положениям, где будут возникать противоречия между ГОСТ и новыми СП, приоритет будет отдаваться последним.

Большинство положений новых правил не противоречит ранее существовавшим нормативам, но есть ряд важных дополнений и изменений касательно водоподготовки и обеззараживания воды плавательных бассейнов, которые необходимо рассмотреть и сравнить с уже недействительными нормативно-правовыми документами. Проведенный анализ НПА показывает, что новая государственная политика РФ исключает использование альтернативных методов обеззараживания воды в плавательных бассейнах, как это было в [7] и отдаёт предпочтение хлорированию. Безусловно хлорсодержащие препараты являются отличным средством дезинфекции и обеззараживания воды, именно поэтому хлор обрёл своё широкое применение в период выявления и распространения COVID-19. Однако помимо того, что хлорсодержащие вещества являются эффективным средством для обработки воды и различных поверхностей, они также представляют собой сильное токсическое соединение удушающего характера, концентрация которого при малейшем отклонении от безопасной нормы для человека, способна вызвать отравление разной степени тяжести или даже привести к летальному исходу.

Для наглядного иллюстрирования проблемы приведём анализ статистики несчастных случаев представленных в [10]. Данные, освещенные в СМИ, показывают, что за последние годы около 90 % от общего количества чрезвычайных ситуаций, связаны с отравлением людей из-за передозировки хлора. При этом причинами ситуации в 55 % случаев стал человеческий фактор, а в остальных 45 % неисправность оборудования. В целом в регионах, где были зафиксированы данные случаи, риск отравлений оценивается от «значительного» до «высокого» [10].

Такая удручающая статистика по отравлениям обусловлена, прежде всего, сложностью поддержания концентрации остаточного хлора на предпороговом уровне в пределах 0,3–0,5 мг/л (как по старым нормативным требованиям [7], так и по новым [4, 6]) в то время как предельно допустимая концентрация хлора в воде

находится на верхнем значении этого диапазона 0,5 мг/л [4]. Это происходит на фоне большого физического и морального износа большинства сооружений с их внутренней инфраструктурой, которые были введены в эксплуатацию по нормативам 70-х – 90-х годов прошлого века. Новых объектов вводится крайне мало, в связи с чем можно сделать вывод, что ситуация с отравлениями будет только ухудшаться.

Поэтому встает резонный вопрос об использовании альтернативных технологий. Однако, новая нормативно-правовая база не дает такой возможности. В то время как Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), НПА которой руководствуются ведущие страны Европы, Азии и Америки, не исключает их использование.

Может быть нет других надежных и безопасных технологий, способных обеспечить надежную обработку воды, усугубляющуюся условиями пандемийного периода? Следует обратить внимание на то, что за рубежом появились и широко применяются новые технологические решения в реализации химических и физических методов обеззараживания воды плавательных бассейнов. Эти технологии существуют и в современную эпоху коронавируса, при этом достаточно быстро прогрессируя. Например, технология обеззараживания воды при помощи ионов серебра и меди. Данный метод на сегодняшний день является одним из самых перспективных и передовых [11]. Он даёт возможность получить высокое качество воды и её новый улучшенный безопасный состав для слизистых оболочек, ногтей и иных кожных покровов человека без применения сильнодействующих химических препаратов, что уже даёт весомое преимущество перед применением хлора [12]. Таким образом, ионизация серебра уже исключает массовые отравления при неправильной дозировке. И, если взять во внимание факт, что российская политика Указом Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 [13] определила одной из национальных целей до 2030 года комфортную и безопасную среду для жизни, то введение в начале 2021 года новых нормативных документов

касательно обработки воды в плавательных бассейнах идет с ней в разрез. В дополнение также важно отметить, что серебро включено в список веществ, эффективно борющихся с коронавирусом SARS-CoV-2, который вызывает заболевание COVID-19 [14].

Следует констатировать, как показал данный пример, к сожалению, введенные в рамках «регуляторной гильотины» новые НПА не всегда способны объективно отразить потребности и направления развития общества. Актуализация нормативно-правовой базы нашего государства должна проводиться постоянно на регулярной основе, исходя из быстроизменяющихся условий нашей жизни.

### **Литература**

1. Сахнова, О. А. Регуляторная гильотина в отношении качества воды и источников питьевого водоснабжения / О. А. Сахнова, И. И. Бочкарева // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. Т. 4., № 2. С. 155–159.

2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения: официальное издание; введен в действие 01.01.2002, дата окончания действия 01.03.2021. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002 год.

3. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: официальное издание, введен в действие 08.01.2003, дата окончания действия 01.03.2021. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрав России, 2003 год.

4. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий; утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 3; введен в действие 01.03.2021. Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru). Дата обращения: 12.03.2022.

5. Максимова Т. В. Актуализация нормативно-правовых актов в ходе реформирования контрольно-надзорной деятельности / Т. В. Максимова // Сборник материалов XXII региональной научно-практической конференции Молодёжь XXI века: шаг в будущее, Благовещенск, 2021. С. 387–388.

6. Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.1.3678-20. Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг; утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 24 декабря 2020 года № 44; введен в действие 01.01.2021, дата окончания действия 01.01.2027. Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru). Дата обращения: 12.03.2022.

7. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.2.1188-03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества: официальное издание; введен в действие 01.05.2003, дата окончания действия 01.03.2021. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003 год.

8. Государственный стандарт ГОСТ Р 53491.1-2009 Бассейны. Подготовка воды. Часть 1. Общие требования; введен в действие 01.07.2010. М.: Стандартинформ, 2010.

9. Государственный стандарт ГОСТ Р 53491.2-2009 Бассейны. Подготовка воды. Часть 2. Требования безопасности; введен в действие 01.07.2010. М.: Стандартинформ, 2010.

10. Беляев А. Н. Технологические риски при эксплуатации плавательных бассейнов / А. Н. Беляев, А. В. Фалалеев // Общество. Наука. Инновации (НПК-2020): сб. ст.: XX Всерос. науч.-практ. конф., 17 февр. – 26 апр. 2020 г. В 2 т. Т.2. Химико-биологические и технические науки. – Киров: Вятский государственный университет, 2020. С. 213–219.

11. Красовский В. О. О преимуществах олигодинамического метода обеззараживания воды плавательных бассейнов / В. О. Красовский, М. Р. Яхина, А. Н. Беляев // Национальная ассоциация ученых (НАУ). 2020. № 62. С. 16–20.

12. Krasovsky V. Water purification of swimming pools cations copper and silver and their improving effect / V. Krasovsky, M. Yakhina, A. Belyaev // The scientific heritage. 2021. Vol 2. № 58 (58). P. 19–29.

13. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»; введен в действие 21.07.2020. Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru). Дата обращения: 12.03.2022.

14. U.S. Environmental Protection Agency. About List N: Disinfectants for Coronavirus (COVID-19) // <https://www.epa.gov/coronavirus/about-list-n-disinfectants-coronavirus-covid-19-0>. (дата обращения: 12.03.2022).

**УДК 628.356.3**

*Сергей Александрович Ребитва,*

студент

*Кристина Борисовна Борисова,*

студент

(Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет  
(Сибстрин))

*E-mail: s.rebitva@edu.sibstrin.ru,  
k.borisova@edu.sibstrin.ru*

*Sergei Aleksandrovich Rebitva,*

student

*Kristina Borisovna Borisova,*

student

(Novosibirsk State University  
of Architecture and Civil Engineering  
(Sibstrin))

*E-mail: s.rebitva@edu.sibstrin.ru,  
k.borisova@edu.sibstrin.ru*

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

### **OPERATION OF SEWER TREATMENT FACILITIES OF LOW CAPACITY**

В работе описываются наиболее часто встречающиеся проблемы, возникающие при эксплуатации локальных очистных сооружений канализации коттеджных поселков, которые в связи с применением новых, до конца не испытанных технологий, показывают неудовлетворительную работу и невозможность достижения требуемых показателей при сбросе в рыбохозяйственные водоемы. Учитывая все возможные ошибки при проектировании и эксплуатации подобных объектов, необходимо использовать более простые и проверенные временем сооружения и технологии для очистки бытовых сточных вод, с привлечением обученных и квалифицированных специалистов для обслуживания действующих очистных сооружений.

*Ключевые слова:* локальные очистные сооружения, биологическая очистка сточных вод, носители прикрепленных микроорганизмов, компактная установка, эксплуатация сооружений.

This paper describes the most common problems that arise during the operation of local sewage treatment plants in cottage settlements, which, due to the use of new, not fully tested technologies, show unsatisfactory performance and the impossibility of achieving the required performance when discharged into fishery reservoirs. Considering all possible errors in the design and operation of such facilities, it is necessary to use simpler and more time-tested facilities and technologies for domestic wastewater treatment, with the involvement of trained and qualified specialists to maintain existing treatment facilities.

*Keywords:* local treatment facilities, biological wastewater treatment, carriers of attached microorganisms, compact wastewater treatment plant, facility operation.

Появление вокруг крупных городов коттеджных или рабочих поселков, не всегда имеющих возможность подключиться к централизованным системам водоотведения, приводит к необходимости строительства локальных очистных сооружений канализации малой производительности. Сегодня на отечественном рынке представлен большой выбор компактных установок различных фирм (FloTenk, Экологос, Reshetilovs un CO, Эколайн, ARGEL, HELYX и другие) [1–5]. Данные установки предназначены для удаления крупных включений на стадии механической очистки, с последующей биологической очисткой и доочисткой сточной жидкости.

К сожалению, во время эксплуатации подобных установок возникает масса проблем, вызванных как ошибками при проектировании, так и отсутствием квалифицированного персонала.

Рассмотрим технологическую схему локальных очистных сооружений канализации коттеджного поселка, представленную на рис. 1.

Представленные на схеме очистные сооружения запроектированы на полную биологическую очистку сточной жидкости с доочисткой и состоят из двух очередей строительства, общей производительностью около 250 м<sup>3</sup>/сут, со сбросом очищенных сточных вод в водоем рыбохозяйственного назначения II категории. Однако они имеют устаревшую технологию, способную снижать в сточной жидкости только два показателя: взвешенные вещества и БПК<sub>полн</sub>. В состав компактной установки входят: резервуар-усреднитель горизонтального типа на первой очереди и вертикального типа на второй, комбинированная решетка-песколовка (барабанная решетка и пескоотделитель со шнеком), насосная станция, узел биологической очистки и доочистки, обеззараживание ультрафиолетом и выпуск в водоем. Блок биологической очистки представлен двумя стеклопластиковыми флотенками FloTenk-Air-S-125 (совмещенный азротенк и вторичный отстойник) с блоками биологической



ных проектировщиками: занижен в несколько раз объем усреднителей, расположенных к тому же в самом начале технологической схемы, что противоречит современным представлениям, так как на начальном этапе должна осуществляться механическая очистка от грубых включений и минерального осадка, и только потом усреднение; неверно рассчитаны объемы сооружений биологической очистки; для снижения размеров аэротенков и возможности увеличения нагрузки использованы носители прикрепленной биомассы (блоки биологической загрузки (ББЗ), ершовая загрузка) без регенерации, что приводит к гниению наростшей биомассы; отсутствие резервного оборудования и необходимого количества секций сооружений; использование тонкослойных модулей; неверно подобранное оборудование (насосы), что приводит к неравномерности подачи сточных вод на разных этапах ее очистки, а так же отсутствие квалифицированного персонала и другие. Ниже рассмотрены основные проблемы очистных сооружений.

Для взмучивания осадка в усреднителях изначально в проекте была заложена система из перфорированных труб, которая быстро забивалась и не работала. Это связано с тем, что, во-первых, механическая очистка предусматривалась после усреднения, что приводило к быстрому осажению взвеси в сооружении, а во-вторых, были неверно подобраны параметры воздуходувки (давление составляло 0,05 МПа).

Для решения данной проблемы из-за невозможности переноса комбинированной решетки-песколовки, были дополнительно запроектированы колодцы с решетками с величиной прозоров решеток 10 мм и отстойными зонами, но и они не позволяют задерживать все загрязнения, поэтому большая их часть (кожура фруктов и овощей, средства личной гигиены, медицинские препараты и т. п.) идет на сооружения биологической очистки. Колодцы быстро забиваются песком, поэтому требуют частой откачки (каждые 5–7 дней) ассенизационной машиной.

Стадия биологической очистки разделена на 2 очереди. Первая очередь представлена стеклопластиковыми емкостями, состоящими

из зон аэрации с ББЗ и вторичного отстаивания; вторая очередь – железобетонным трехкоридорным односекционным аэротенком с ершовой загрузкой и двумя вертикальными отстойниками с тонкослойными модулями. По мнению фирм-разработчиков, данная технология является инновационной и перспективной, а главное позволяет в разы сократить объемы аэротенков и вторичных отстойников. Действительно, применение плавающей загрузки для высококонцентрированного стока оправдано при сбросе стока в городскую сеть, однако для применения стационарной загрузки для бытового стока обосновано только желанием производителей и поставщиков получить как можно больше прибыли в ходе реализации проекта. А использование тонкослойных модулей различной конфигурации еще больше создает головной боли при эксплуатации из-за невозможности их правильного монтажа и регенерации (рис. 2). По заявлениям фирм-разработчиков, на загрузке происходит процесс нитрификации-денитрификации, но при этом не ясно, как может протекать процесс восстановления нитратов до нитритов и далее до газообразных оксидов и молекулярного азота при наличии свободного кислорода, если большая часть установок имеет только зону аэрации. Несовершенная система регенерации загрузки или полное её отсутствие вызывают во время эксплуатации вторичное загрязнение сточной жидкости, так как нарастающая биопленка со временем стареет, загнивает (рис. 3), отторгается от биозагрузки и оказывается в очищенной сточной жидкости. Для решения данной проблемы было решено осуществить демонтаж ББЗ с запуском флотенков по классическому методу, то есть только со свободно плавающим активным илом. Это привело к резкому снижению производительности флотенков примерно на 40 %.

Проблемой ершей, несмотря на нержавеющий каркас, является окисление металла, вследствие чего они падают на дно аэротенка, что приводит к выводу из работы системы аэрации.

Еще одной особенностью и проблемой работы данного объекта является плохое осаждение активного ила во вторичном отстойнике, вызванное неправильной подачей сточной жидкости и рас-

пределением иловой смеси по объему сооружения. Зачастую это связано с большими расходами циркуляции. Это приводит к быстрому выносу части активного ила из системы и приводит к дальнейшим проблемам узла доочистки сточной жидкости, таким как: забивание загрузки, увеличению расхода промывной воды и эксплуатационным затратам.



Рис. 2. Забитые осадком тонкослойные модули во вторичных отстойниках



Рис. 3. Загнивающая биопленка на ершовой биозагрузке

К сожалению, коттеджные поселки и расположенные рядом с ними объекты водоснабжения и водоотведения не имеют резервных сетей электроснабжения. В результате перебоев в подаче электричества, прекращается подача как сточной жидкости, так, и самое важное, воздуха, необходимого для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов активного ила. Достаточно 10–15 минут, чтобы дестабилизировать работу биологической системы, а отсутствие воздуха в течение нескольких часов приводит к полной гибели биомассы. В результате одного из последних таких отключений произошло массовое вспухание активного ила, его вынос в водоем всего за несколько дней (рис. 4).



Рис. 4. Вспухший активный ил

Проблемой эксплуатации также является применение некачественного оборудования и неэффективных реагентов для обезвоживания осадка.

Периодической проблемой эксплуатации является сброс специфических стоков в канализацию, связанный со строительством

новых домов и ремонтными работами в коттеджном поселке, что губительно влияет на микроорганизмы из-за наличия трудноокисляемой органики и мелкодисперсных примесей.

Вывод: для повышения качества эксплуатации компактных установок изначально на стадии проектирования необходимо закладывать сооружения более простые в эксплуатации, а также обязательное присутствие квалифицированного персонала на очистных сооружениях.

### **Литература**

1. Эль Ю. Ф., Решетиллов Ю. И. Концептуальные изменения в технологиях очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 5. С. 57–63.
2. Амбросова Г. Т., Семенова А. П., Колодезникова А. П. Компактные установки для очистки бытовых стоков. Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12 (64). С. 109–115.
3. Аганичева Е. К. Реконструкция очистных сооружений канализации посёлка маслянино // Материалы XXII Международной экологической студенческой конференции. 2017. С. 132.
4. Степанов А. С., Беляков А. В., Самсонова А. А., Шилина О. С. Модульные сооружения биологической очистки сточных вод. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. 2018. С. 321–325.
5. Степанов А. С., Самсонова А. А. Конструкция установок биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод производительностью 5-100 МЗ/СУТ // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. 2016. С. 267–270.

**УДК 628.356.1**

*Иван Сергеевич Коровин,*  
студент

*Михаил Олегович Жакевич,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: ivankorovin037@mail.ru,*  
*mzh63@yandex.ru*

*Ivan Sergeevich Korovin,*  
student

*Michail Olegovich Zhakevich,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Nizhny Novgorod State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: ivankorovin037@mail.ru,*  
*mzh63@yandex.ru*

## **РОЛЬ АЭРАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В АЭРОТЕНКАХ**

### **THE ROLE OF AERATION SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE QUALITY OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT IN AEROTANKS**

Рассмотрим очистные сооружения, работающие в условиях крайнего севера, и более детально систему биологической очистки, а именно аэротенки, аэрационную систему и их физико-химические процессы. Выделим основные факторы, влияющие на работу локальных сооружений биологической очистки. Проведем анализ существующих технологических решений по повышению эффективности работы систем подачи воздуха в аэротенках и сделаем выводы о выявленных изменениях в работе на примере построенных графиков. Также рассмотрим возможные варианты реконструкции и интенсификации процесса очистки сточных вод уже существующих канализационных очистных сооружений вахтового посёлка Ямбург.

*Ключевые слова:* система аэрации, аэротенк, условия крайнего севера, сточные воды, биологическая очистка.

Consider the treatment facilities operating in the conditions of the Far North, and in more detail the biological treatment system, namely the aerotanks, the aeration system and their physical and chemical processes. Let us single out the main factors influencing the operation of local biological treatment facilities. We will analyze existing technological solutions to improve the efficiency of air supply systems in aerotanks and draw conclusions about the identified changes in work using the example of the constructed graphs. We will also consider possible options for

the reconstruction and intensification of the wastewater treatment process of the already existing sewage treatment facilities in the Yamburg shift camp.

*Keywords:* aeration system, aerotank, conditions of the Far North, wastewater, biological treatment.

Освоение человеком дальних уголков земли всегда негативно сказывается на экологии, в т. ч. на гидросфере в связи с использованием водных ресурсов в производственных процессах, а также для бытовых нужд. Потому необходимо предусматривать природоохранные мероприятия, направленные на снижение количества сбрасываемых неочищенных сточных вод в водные объекты.

Для выполнения данной задачи основным технологическим сооружением искусственной биологической очистки сточных производственных и бытовых вод на канализационных очистных сооружениях является аэротенк.

Биологическая очистка сточных вод основана на методе полного окисления активным илом в процессе сорбции и последующей переработке аэробными микроорганизмами органических загрязнений и их полной минерализации в присутствии кислорода воздуха. Условиями жизни бактерий является постоянное поддержание оптимальных (безопасных для жизнедеятельности микроорганизмов) условий: кислородного режима и массообмена – мелкопузырчатой аэрации (для дыхательных, окислительных процессов); оптимального содержания органических веществ в поступающей сточной воде; равномерного поступления стоков в течение суток и оптимального температурного режима.

Эффект очистки в аэротенках, качество и окислительная способность активного ила определяется составом и свойствами сточных вод, гидродинамическими и аэрационными условиями перемешивания, концентрацией активного ила.

Системы подачи воздуха являются важнейшими элементами любых сооружений биологической очистки, использующих аэротенки. От их работы зависит как обеспечение требуемого качества очистки, так и экономические показатели процесса. В состав

современных систем подачи воздуха входят воздуходувки, системы управления ими, воздуховоды, КИП, управляющая и запорная арматура, и собственно аэрационные системы (совокупность аэраторов и систем подвода воздуха к ним) [1].

Были проведены исследования в области повышения эффективности работы аэраторов и выявлены следующие закономерности.

Высокая эффективность работы собственно аэраторов – залог энергосбережения. Вместе с тем, заявленные параметры эффективности в натуральных условиях аэраторы подтверждают не во всех случаях. Раскладка аэрационных систем по площади днища аэротенка играет важную роль в общей энергетике сооружения. Аэраторы, сами по себе, могут быть современными и эффективными, а проекты удачными и не удачными с точки зрения энергосбережения [2].

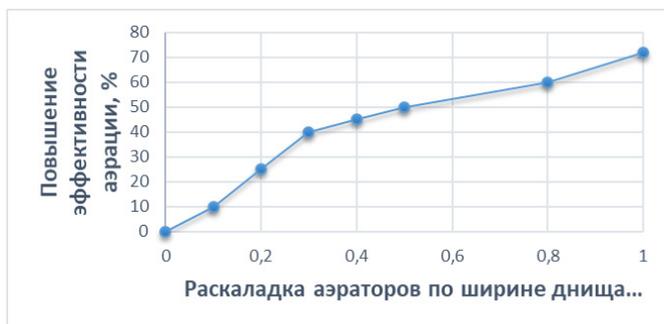


Рис. 1. Повышение эффективности аэрации в зависимости от заполнения аэраторами днища аэротенка [2]

При сравнении аналогичных аэраторов, но с различной раскладкой по днищу аэротенка (рис.1), можно наблюдать, что одностороннее продольное расположение аэраторов, в отличие от сосредоточенного по всей ширине днища вызывает интенсивную поперечную циркуляцию иловой смеси или ее перемешивание. Это существенно сокращает время контакта пузырьков воздуха

с иловой смесью, поэтому воздух в составе отходящих газов содержит повышенное содержание кислорода. Раскладка аэраторов по всей ширине днища коридора не вызывает продольного перемешивания, а скорость всплытия пузырьков снижается практически втрое. Вместе с тем, условие поддержания иловой смеси во взвешенном состоянии выполняется.

Определено, что одним из аспектов повышения энергоэффективности систем аэрации, является их раскладка в нижней части аэротенка (рис. 1). Этот график построен по материалам СП [3], повышение эффективности аэрации в %. Исходя из него, можно сделать вывод, что с увеличением площади аэраторов в зонах аэротенка эффективность растет, достигая максимума в 72 %.

По опубликованным результатам исследований компании Bioworks, аэраторы данной фирмы имеют наибольшую эффективность работы по сравнению со своими конкурентами, что позволяет экономить до 18 % расхода воздуха. Это было достигнуто путем отказа от традиционной жестко закрепленной конструкции аэраторов на гибкую конструкцию систем аэрации.

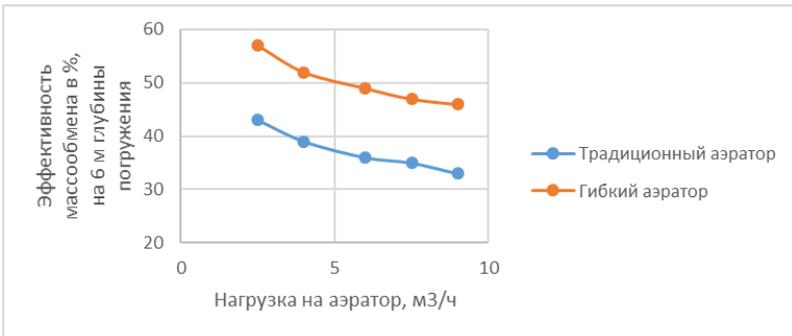


Рис. 2. Сравнение эффективности гибких (качающихся) аэраторов и жестко закрепленных традиционных аэраторов [2]

При сопоставимых нагрузках аэраторов, эффективность работы систем значительно отличается. Это достигается путем увеличения

массопереноса за счет движения аэратора относительно жидкости, он раскачивается в воде на гибкой системе креплений благодаря динамике восходящих аэрационных потоков. Сравнение эффективности гибких (качающихся) и традиционных жестко закрепленных аэраторов приведено на рис. 2.

Проведем анализ работы аэротенков канализационных очистных КОС-4500 вахтового поселка Ямбург. Рассмотрим возможность модернизации биологических сооружений, а также пути интенсификации процесса очистки сточных вод.

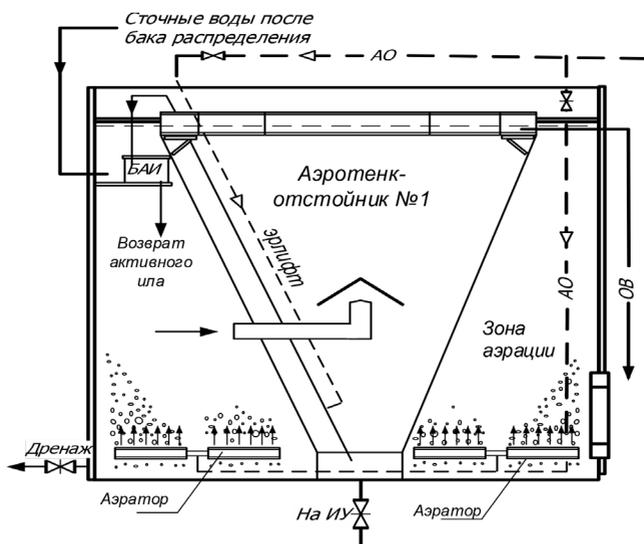


Рис. 3. Схема аэротенка-отстойника КОС-4500 пос. Ямбург (сост. авт.)

Характерными особенностями сточных вод вахтовых поселков и систем канализации являются их неравномерность поступления на очистные сооружения (максимум приходится на утренние и вечерние часы), низкое содержание питательных веществ для

микроорганизмов. В этом случае на КОС-4500 предусмотрен распределительный бак неочищенных сточных вод, он усредняет поток по количественному и качественному составу.

Сточная вода, попадая в аэротенк (рис. 3), перемешивается с активным илом за счет подачи сжатого воздуха. В данной технологической схеме очистки сточных вод, аэротенк радиального типа совмещен с отстойником и имеет пневматическую мелкодисперсную аэрационную систему. Она размещена таким образом, что занимает практически всю нижнюю часть аэротенка. Это позволяет существенно увеличить эффективность аэрации по сравнению с односторонним расположением аэраторов (рис. 1)

Для интенсификации процесса аэрации и поддержания высокой эффективности системы следует проводить воздушные промывки не реже 1 раза в месяц. Это рекомендация от всех ведущих производителей аэраторов.

Предлагается, одним из вариантов повышения эффективности существующей аэрационной системы на КОС-4500, произвести замену систем крепления аэраторов с традиционной жестко закрепленной на гибкую, более современную и энергоэффективную систему. Результатами исследований доказано, что эффективность работы за счет увеличения массопереноса возрастает (рис. 2), что приводит к сокращению затрат на электроэнергию для воздуходувок, благодаря снижению расхода воздуха.

## Литература

1. Данилович Д. А. Опыт совершенствования и оценки эффективности аэрационных систем // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1. С. 38–51.
2. Баженов В. И., Эпов А. Н. Энергосбережение как критерий выбора аэратора // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2012. № 1. С. 2–17.
3. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения / Минстрой России – М.: Стандартинформ, 2019.

УДК 544.163.2

*Ксения Геннадьевна Дмитриева,*  
аспирант

*Максим Сергеевич Поляков,*  
канд. хим. наук

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: mpolyakov@lan.spbgasu.ru*

*Kseniya Gennadievna Dmitrieva,*  
postgraduate student

*Maxim Sergeevich Polyakov,*  
PhD in Sci. Chem.

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: mpolyakov@lan.spbgasu.ru*

**ВЛИЯНИЕ СТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ  
ФТАЛОЦИАНИНОВ МЕТАЛЛОВ  
НА СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛУЧАЕМЫХ  
КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УГЛЕРОДНЫМИ  
НАНОТРУБКАМИ**

**EFFECT OF THE STRUCTURE OF METAL  
PHTHALOCYANINE COMPLEXES ON THE SENSOR  
PROPERTIES OF OBTAINED COMPOSITE MATERIALS  
WITH CARBON NANOTUBES**

В работе исследовались сенсорные тонких плёнок жидкокристаллических фталоцианинов металлов и их композитных материалов с углеродными нанотрубками. Получено, что при вводе аммиака происходит увеличение сопротивления слоёв, которое возвращается к исходным значениям при продувке ячейки воздухом. Наблюдается обратимый сенсорный отклик, величина которого уменьшается в ряду:  $\text{CoPc-py/SWCNT-1\%} > \text{CuPc-py/SWCNT-1\%} > \text{H}_2\text{Pc-py/SWCNT-1\%}$ , что объясняется определяющим влиянием фталоцианиновой матрицы на сенсорные свойства плёнок композитных материалов. Обнаружено, что уменьшение количества углеродных нанотрубок с 1 до 0,1 мас. % во фталоцианиновой матрице приводит к уменьшению проводимости плёнок композитных материалов с  $7,0 \cdot 10^{-3}$  до  $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ , а сенсорный отклик при этом возрастает до 15 раз с  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1,4 \cdot 10^{-2}$ .

*Ключевые слова:* жидкокристаллические комплексы, фталоцианины, электропроводность, мезогены.

In this work, sensor properties of thin films of liquid crystal metal phthalocyanines and their composite materials with carbon nanotubes were studied. It was found

that when ammonia is introduced, the layer resistance increases, which returns to the original values when the cell is purged with air. A reversible sensor response is observed, the value of which decreases in the row: CoPc-py/SWCNT-1% > CuPc-py/SWCNT-1% > H2Pc-py/SWCNT-1%, which is explained by the decisive influence of the phthalocyanine matrix on the sensory properties of films of composite materials. It was found that the decrease in the amount of carbon nanotubes from 1 to 0.1 wt. % in a phthalocyanine matrix leads to a decrease in the conductivity of films on 40%, while the sensor response increases up to 15 times.

*Keywords:* liquid crystal complexes, phthalocyanines, electrical conductivity, mesogens.

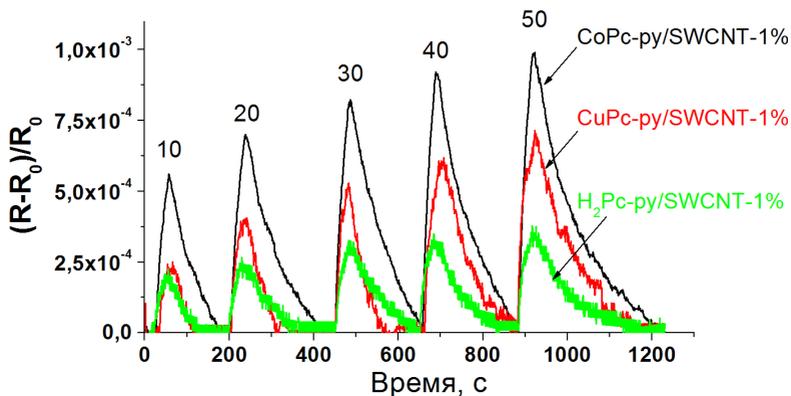
Фталоцианин и его производные привлекают пристальное внимание исследователей уже более 80 лет. Традиционным стало применение данных соединений в качестве светопрочных красителей и пигментов, а также катализаторов химических, электрохимических и фотохимических процессов. В последнее время производные фталоцианинов (МРС) используются как полупроводниковые и жидкокристаллические материалы, фотосенсибилизаторы, компоненты фотовольтаических элементов [1]. Другой аспект практического применения плёнок фталоцианинов основан на их полупроводниковых свойствах. Известно, что проводимость слоёв фталоцианинов меняется в зависимости от состава газовой фазы [2]. Это свойство делает возможным использование фталоцианиновых плёнок в качестве активных слоёв газовых сенсоров, однако, слои фталоцианинов имеют крайне низкие значения электрической проводимости, поэтому для регистрации сигнала сенсорного отклика требуется высокоточное и чувствительное оборудование, которое является довольно дорогостоящим. Исследователями предпринимаются попытки увеличения проводимости и чувствительности сенсорного слоя. В качестве одного из предлагаемых решений является получение гибридного материала на основе фталоцианинов и углеродных нанотрубок (УНТ). Углеродные нанотрубки обладают высокой электрической проводимостью, имеют большую площадь удельной поверхности, значительную механическую прочность и химическую устойчивость.

Повышение чувствительности сенсорных слоёв гибридных материалов может быть осуществлено путём увеличения степени функционализации поверхности УНТ молекулами производных фталоцианина. Осуществить данную задачу, по нашему мнению, возможно либо за счёт увеличения  $\pi$ -стэкинговых взаимодействий между молекулами фталоцианина и УНТ, либо за счёт их ковалентного связывания.

Были получены композитные материалы путём добавления небольших количеств SWCNT (0,5–2 мас. %) к растворам асимметрично замещённых жидкокристаллических фталоцианинов МРс-ру ( $M = 2H, Co (II), Cu (II)$ ), содержащие пиреновый заместитель в качестве дополнительного ароматического заместителя-линкера для увеличения  $\pi$ - $\pi$  взаимодействий с углеродными нанотрубками. Получено, что композитный материал не утрачивает термотропных жидкокристаллических свойств МРс-ру, а также значительно возрастает электрическая проводимость плёнок композитных материалов, которая становится сопоставимой с проводимостью гибридных материалов на основе SWCNT. Были изучены сенсорные свойства композитных материалов, полученных при различных соотношениях исходных компонентов.

Сенсорные свойства композитных материалов исследовались посредством измерения сопротивления их плёнок при взаимодействии с аммиаком. На рисунке показаны кривые сенсорного отклика композитных материалов, содержащих 1 мас. % углеродных нанотрубок, при введении 10, 20, 30, 40 и 50 ppm аммиака.

Как видно на рис. 1, при вводе аммиака происходит увеличение сопротивления слоёв, которое возвращается к исходным значениям при продувке ячейки воздухом. Наблюдается обратимый сенсорный отклик, величина которого уменьшается в ряду:  $CoPc$ -ру/SWCNT-1% >  $CuPc$ -ру/SWCNT-1% >  $H_2Pc$ -ру/SWCNT-1%. Указанный ряд сенсорной чувствительности аналогичен ряду чувствительности исходных МРс-ру [3], что объясняется определяющим влиянием фталоцианиновой матрицы на сенсорные свойства плёнок композитных материалов.



Временная зависимость адсорбционно-резистивного сенсорного отклика плёнок композитных материалов CoPc-py/SWCNT, CuPc-py/SWCNT, H<sub>2</sub>Pc-py/SWCNT, содержащих 1 мас. % нанотрубок, при введении 10–50 ppm аммиака

Обнаружено, что уменьшение количества углеродных нанотрубок с 1 до 0,1 мас. % во фталоцианиновой матрице приводит к уменьшению проводимости плёнок композитных материалов с  $7,0 \cdot 10^{-3}$  до  $4,0 \cdot 10^{-3}$  Ом<sup>-1</sup>·м<sup>-1</sup> (приблизительно на 40%), а сенсорный отклик при этом возрастает до 15 раз с  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1,4 \cdot 10^{-2}$ .

Таким образом, варьируя количество нанотрубок, можно увеличить сенсорный отклик композитных материалов более чем на порядок при сохранении высокой проводимости их слоёв, что важно с практической точки зрения для широкого использования МРС в сенсорных устройствах.

### Благодарности

Статья публикуется по результатам проведения научно-исследовательской работы, проводимой в рамках конкурса грантов на выполнение научно-исследовательских работ научно-педагогическими работниками СПбГАСУ в 2022 году.

Автор благодарит научного руководителя д.х.н., проф. РАН Т. В. Басову (ИНХ СО РАН, г. Новосибирск) и коллег из Технического университета (г. Гебзе, Турция).

### **Литература**

1. Шапошников Г. П., Кулинич В. П., Майзлиш В. Е. Модифицированные фталоцианины и их структурные аналоги / Под ред. О. И. Койфмана. М.: КРАСАНД, 2012. 480с. (С. 412–468).
2. Симон Ж., Андре Ж.-Ж. Молекулярные полупроводники. Фотоэлектрические свойства и солнечные элементы / Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 344 с.
3. Kaya E. N., Polyakov M. S., Basova T. V., Durmuş M., Hassan A. Pyrene Containing Liquid Crystalline Asymmetric Phthalocyanines and their Composite Materials with Single-Walled Carbon Nanotubes // *J. Porphyr. Phthalocyanines*. 2018. V. 22 (1) P. 56–63.

УДК 699.814

*Тимур Баходурович Дрисси,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: timyrdrisi@mail.ru*

*Timur Bakhodurovich Drisi,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: timyrdrisi@mail.ru*

## **ВОДА В КАЧЕСТВЕ ОГNETУШАЩЕГО ВЕЩЕСТВА. ТРВ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ**

### **WATER AS A FIRE EXTINGUISHING AGENT. TRV AS AN EFFICIENT FIRE-FIGHTING MEANS IN HIGH-RISE BUILDINGS**

Уже многие годы специалисты пытаются найти альтернативные способы и технологий для существующих систем автоматического пожаротушения с использованием разнообразных огнетушащих веществ, которые будут эффективными, экономичными и не представлять угрозы людям, которые могут оказаться в зоне возникновения пожара в момент срабатывания таких установок. В данной статье рассматривается вода как наиболее распространенное, дешевое и простое в использовании огнетушащее вещество, используемое в установках автоматического пожаротушения тонкораспыленной водой при ликвидации пожаров в высотных зданиях.

*Ключевые слова:* вода, система пожаротушения, альтернативы, огнетушащее вещество.

For many years, many experts have been trying to find alternative methods and technologies for existing automatic fire extinguishing systems using a variety of fire extinguishing agents, which, in turn, will be effective, economical and not pose a threat to people who may be in the fire zone at the time such installations are triggered. This article discusses water as the most common, cheap and easy-to-use fire extinguishing agent used in automatic fire extinguishing installations with water mist when extinguishing fires in high-rise buildings.

*Keywords:* water, fire extinguishing system, alternatives, extinguishing agent.

На сегодняшний день стало популярно строительство высотных конструкций по сравнению со зданиями обычной этажности [1].

В связи с этим возникает необходимость в обустройстве повышенных мер противопожарной защиты в таких зданиях и сооружениях. Зачастую для таких сооружений характерна высокая скорость распространения пламени пожара в вертикальном направлении, задымление путей эвакуации и проблема в организации спасательных операций для пожарных бригад характерны для высотных зданий. В высотных зданиях часто происходят пожары, которые приводят к множеству жертв как среди гражданских лиц, так и спасательных бригад по причине сложности обеспечения безопасности эвакуации и работ бригад службы спасения.

Верхние этажи представляют собой особенно сложную часть здания для определения места возгорания, локализации очага и эвакуации гражданских лиц [2]. Продукты горения распространяются в многие стороны (в стороны лестницы и лифта) с достаточно высокой скоростью. Через буквально считанные минуты после начала пожара, этаж будет полностью задымлен, и находиться внутри него без специального оборудования для поддержки дыхательных путей будет просто невозможно. Как правило, чаще всего самое большое задымление наблюдается на верхних этажах, особенно с подветренной стороны.

Со временем сложилось такое мнение, что все автоматические системы противопожарной охраны (АУП) относят к системам пожаротушения. В частности, к этому относится установка водяного пожаротушения.

Самым простым в использовании, дешевым и доступным из всех существующих огнетушащих веществ является вода.

Достоинства воды как огнетушащего вещества (далее, ОТВ):

1. доступность и дешевизна;
2. простота в транспортировке и использовании;
3. высокая теплота испарения и теплоемкость;
4. высокий объём парообразования;
5. относительная химическая нейтральность к строительным материалам;

6. универсальность, обусловленная возможностью применения для тушения большинства классов пожаров;

7. значительное увеличение объема воды при парообразовании.

К недостаткам использования воды, как ОТВ, которое в свою очередь, ограничивает область и условия его применения можно отнести, например:

1. сравнительно высокая температура замерзания;

Для снижения этого показателя используют специальные добавки, называемые антифризами, спирты и минеральные соли. Последние в свою очередь используются крайне редко из-за своей коррозионной активности в сочетании с водой. А использование спиртов существенно повышает стоимость использования такого ОТВ.

2. наличие природных растворенных солей, которые повышают электропроводность воды и способствуют коррозии оборудования;

В зависимости от источника ОТВ вода может содержать множество видов природных солей, которые увеличивают коррозионную способность и электропроводность. Увеличить область применения, например, для тушения электрооборудования, можно за счет использования тонкораспыленной воды.

3. нефтепродукты и многие другие органические жидкости всплывают на поверхность воды и продолжают гореть, причем площадь пожара при этом увеличивается;

4. активно реагирует со многими веществами с выделением большого количества тепла;

5. высокое поверхностное натяжение воды.

Чем выше поверхностное натяжение, тем ниже смачиваемая способность воды, как ОТВ. И наоборот, чем меньше поверхностное натяжение, тем больше подвижность и растекаемость жидкости.

При проектировании системы сплинклерной установки автоматического водяного пожаротушения, существуют следующие проблемы:

1. большой расход воды на локализацию или подавление очага возгорания;

2. нанесение серьезного ущерба имуществу в случае срабатывания системы пожаротушения

3. подтопление нижерасположенных помещений в случае пролития воды после срабатывания установок автоматического пожаротушения.

В качестве альтернативы традиционной сплинклерной установки водяного автоматического пожаротушения можно использовать установки тонкораспыленной водой – ТРВ [3, 4, 5].

Фактически, данный способ заключается в том, что частицы воды, попав в высокотемпературную область горения, где температура достигает больших значений, одна часть испаряется, а другая проходит через зону очага возгорания и попадает на ее поверхность.

При испарении в зоне горения объем пара увеличивается, по сравнению с первоначальным объемом капель. Одновременно с этим, пар изменяет соотношение между кислородом и газом, образующимся в ходе горения веществ. При срабатывании установки пожаротушения внутри помещения, где происходит пожар, механизм локализации и ликвидации очага заключается в снижении объемной доли кислорода локально в зоне горения. При срабатывании системы в помещении поднимается давление, происходит параллельно вытеснение воздуха и кислорода, увеличивается концентрация горение газа, который не вступает в реакцию горения, парциальное давление кислорода снижается. Все это приводит к снижению количества выделяющегося тепла в зоне горения. При определенной концентрации ОТВ в воздухе помещения, температура понижается до таких значений, при которых поддержание горения не представляется возможным т, происходит процесс затухания пламени [6].

В практике и при испытаниях тушения пожаров [3] можно отметить, что в очаге возгорания тонкораспыленная вода интенсивно испаряется. Защитный слой, создаваемый туманом из тонкораспыленной воды может изолировать зону горения, препятствуя доступу кислорода для поддержания процесса горения. Когда кон-

центрации кислорода снижается до 15 % происходит процесс самозатухания огня. Поэтому для более эффективного протекания паробразования необходимо, чтобы как можно большая поверхность воды подверглась нагреву. Эффективность использования ОТВ заключается так же в способе подачи его в очаг пожара. Благодаря таким подходам удастся как минимум осуществить поверхностное, локально-поверхностное или полное тушение.

Благодаря высокой теплопоглощающей способности вода является наиболее эффективным веществом для тушения классов А и В [1]. Вода при попадании в очаг возгорания проходит две фазы: нагрев до 100 °С и испарение при температуре не менее 100 °С. При переходе из одной фазы в другую тратится энергия, причем при испарении энергии тратится в 7 раз больше, чем при нагреве. При проникновении к очагу возгорания вода частично испаряется, превращаясь в пар. При испарении количество воды возрастает многократно, благодаря чему пар вытесняет воздух из очага, и, как следствие уменьшает концентрацию кислорода в зоне горения. Таким образом, огнетушащее действие распыленной воды обусловлено следующими эффектами:

- эффективность тушения большинства материалов и веществ, кроме тех, что вступают в реакцию с водой с выделением горючих газов и свободной энергии;
- эффект охлаждения за счёт поглощения и равномерного распределения ОТВ по всей площади очага возгорания;
- эффект экранирования теплового излучения.

В системах АУПТ ТРВ высокого давления все ОТВ используется намного эффективней, чем при традиционном исполнении. Это позволяет сохранить дорогостоящее оборудования, в случае пролива на него ОТВ, наиболее безопасно эвакуировать население к эвакуационным выходам, не затрудняя путь эвакуации. Металлоемкость данной системы в разы меньше своего традиционного аналога, что позволяет экономить полезную площадь, выделенную для прокладки смежных коммуникаций.

Такие системы позволяют использовать в совокупности с АУПТ ТРВ системы АПС, не беспокоясь за имущество и внутренние системы в случае ложного срабатывания. Большой плюс данной системы по сравнению, с тем же газовым пожаротушением заключается в том, что нет необходимости в инерционности и задержке системы для эвакуации людей из помещения до его срабатывания, а так в случае случайного срабатывания не оказывает пагубного и порой смертельного воздействия на здоровье и жизнь сотрудников и жильцов, находящихся в непосредственной близости с данной установкой. По сравнению с традиционными спринклерными системами туман, создаваемый при тушении тонкораспыленной водой, заполняет труднодоступное пространство, что позволяет снизить температуру вокруг очага возгорания, тем самым препятствует распространению пламени. Такая противопожарная система экранирует тепловой поток от пламени на себя, что в конечном итоге дает драгоценное время на эвакуацию людей из очага возгорания.

С учетом вышесказанного можно сделать вывод о том, что среди всех представленных в мире автоматических систем противопожарной защиты, системы ТРВ позволяют оперативно локализовать места возгорания в высотных зданиях и без вреда для жизни и здоровья людей эвакуировать их подальше от очага возгорания.

На протяжении нескольких лет наиболее востребованным и перспективным направлением в области внутренней противопожарной защиты объектов различного функционального назначения [1] является использования в качестве ОТВ тонкораспыленной воды.

Также следует отметить, что согласно действующей законодательной базе РФ [1, 7], в России для строительства данных сооружений разрабатываются специальные технические условия из-за отсутствия подробной нормативной базы в области строительства высотных зданий и сооружений.

### **Литература**

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

2. Копылов Н. П., Пивоваров В. В., Пронин Д. Г. Обеспечение безопасности людей в жилых зданиях повышенной этажности // Пожаровзрывобезопасность – 2017. – Т. 26, № 9. – С. 5–14. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.09.5-14.
3. Стандарт организации. Автоматическая установка пожаротушения и внутренний противопожарный водопровод «FOGSTREAM PRO» с подачей тонкораспыленной воды высокого давления. Нормы и правила проектирования.
4. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
5. СП 485.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2020.
6. Chen L., Wang L. The review of the water mist fire extinguishing technology. // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 2. С. 197–202. [https://doi.org/10/33619/2414\\_2948/39/26/](https://doi.org/10/33619/2414_2948/39/26/)
7. СП 2.13130.2020 «Система противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты». М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2020.

УДК 628.543

Сюэлян Лю,

аспирант

Святослав Викторович Федоров,

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: [lixuueliang6@yandex.ru](mailto:lixuueliang6@yandex.ru),

[svyatoslavfedorov@mail.ru](mailto:svyatoslavfedorov@mail.ru)

Xueliang Liu,

postgraduate student

Svyatoslav Viktorovich Fedorov,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: [lixuueliang6@yandex.ru](mailto:lixuueliang6@yandex.ru),

[svyatoslavfedorov@mail.ru](mailto:svyatoslavfedorov@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ТИПА ТОНКОСЛОЙНОГО МОДУЛЯ

### STUDY OF A NEW TYPE OF LAMELLA MODULE

В статье рассматривается идея нового высокоэффективного антизаоряемого тонкослойного модуля отстойника. Представлена его конструкция и необходимые параметры, смоделирована работа нового модуля в программе ANSYS FLUENT и проанализированы результаты по сравнению с обычным тонкослойным модулем.

*Ключевые слова:* тонкослойный модуль, отстойник, ANSYS FLUENT.

The article discusses the idea of a new highly efficient antifouling lamella tube. Its design and necessary parameters are presented, the work of the new module in the ANSYS FLUENT program is simulated and the results are analyzed in comparison with conventional thin-layer modules.

*Keywords:* lamella module, settler, ANSYS FLUENT.

Тонкослойный отстойник является эффективным сооружением, одним из наиболее простых, менее энергозатратных и дешевых методов осаждения твердой фазы сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Внутренняя часть такого отстойника обычно оснащена тонкослойным модулем с трубчатой или пластинчатой структурой. Однако, после длительной эксплуатации отстойника или при изменении качества и количества воды, эффективность осаждения и качество очищенных вод может значительно снижа-

ется за счет засорения тонкослойного модуля, который чрезвычайно восприимчив к засорению твердых частиц [1].

Существует множество существующих решений проблемы засорения, но на практике после использования этих методов качество воды в отстойнике значительно меняется, образуя большое количество взвешенного материала, вместо этого требуется больше времени на ожидание оседания взвешенного материала, прежде чем отстойник сможет снова начать работать. Для решения данной проблемы была предложена идея новой конструкции тонкослойного модуля [2]. Этот модуль использует свои собственные структурные характеристики, чтобы твердые частицы не могли прилипнуть к его внутренней стенке.

Конструкция представляет собой пластину с П-образными выступами. Данные выступы расположены под углом от  $55^\circ$  до  $60^\circ$ , в данном случае угол равен  $55^\circ$ , в виде каналов вдоль всей конструкции пластины. Данный тонкослойный модуль располагается и крепится в емкости. Вдоль конструкции тонкослойного модуля устраивается дополнительный сборный канал, который будет отделен от тонкослойного модуля перфорированной пластиной. На рис. 1. представлены два варианта тонкослойных модуля с пластинами, имеющими П-образный профиль.

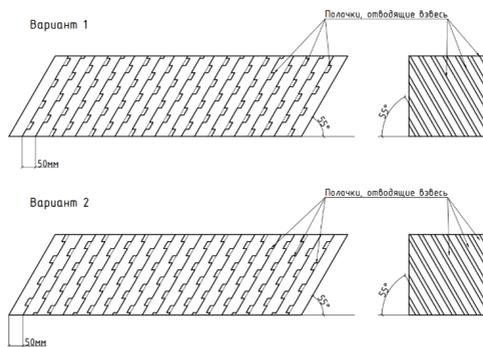


Рис. 1. Новая конструкция тонкослойного модуля

Для изучения новой конструкции тонкослойного модуля также была создана модель в программе ANSYS FLUENT. Данная модель была создана на основе ранее рассмотренной. В геометрии пластин были добавлены П-образные полки.

Новая модель также имеет три зоны: а) вход воды с массовым расходом, 0,7214 л; б) контактную зону смешения твердых частиц и воды; в) проточную зону, состоящую из модифицированной П-образной тонкослойной пластины, расстояние между которыми  $h = 50$  мм, высота  $L = 887,032$  мм. На рис. 2 представлена получившаяся геометрия новой конструкции.

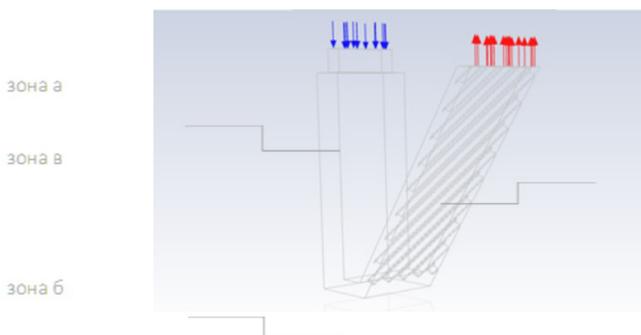


Рис. 2. Вид геометрии модели новой конструкции тонкослойного модуля

Данная модель позволит оценить эффективность осаждения по сравнению с классической конструкцией. Уточнение сетки на границах примыкания жидкости к конструкции сооружения выполнено при помощи формул для определения размера сетки [3], для создания условий максимально близких к реальным, затем выполнена генерация расчетной сетки.

Следующим этапом создания расчетной модели конструкции является определение расчетных доменов (определение среды) и граничные условия для этих доменов. В данной работе будет один домен – водный, который постепенно будет заполнен

водой с концентрацией взвешенных частиц на этапе моделирования расчетного процесса. В то же время частицы в воде диаметром от 0,075 мм до 0,01 мм и плотностью 1100 кг/м<sup>3</sup> выбрасываются и смешиваются с водой в зоне б) со скоростью, равной скорости потока воды.

В этой конструкции был создан только один канал, чтобы можно было более наглядно сравнить производительность классической и новой конструкции с точки зрения оседания частиц. При моделировании данного процесса приняты условия постоянного движения потока.

На рис. 3 показаны результаты двух расчетов. Левый график показывает распределение частиц внутри новой конструкции за период времени 100 секунд, а правый график иллюстрирует работу классической конструкции.

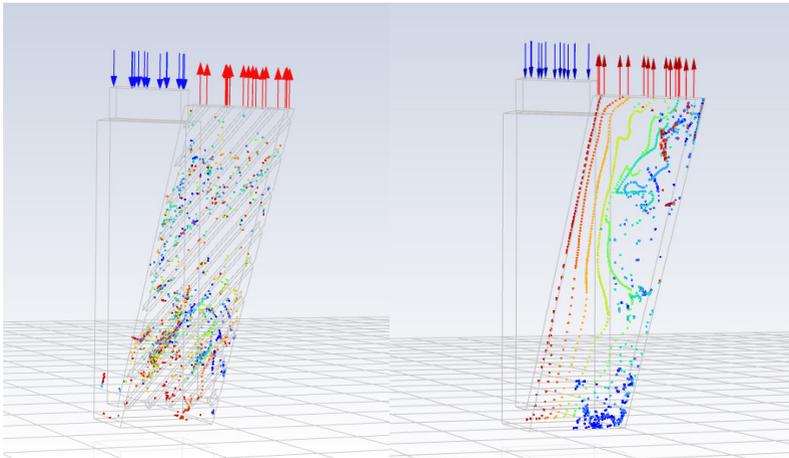


Рис. 3. Результаты расчета тонкослойного модуля

На рис. 4 показан линейный график по количеству частиц, выходящих через границу выхода. Синяя линия отражает количество частиц, проходящих через новую конструкцию, а красная –

количество частиц, проходящих через классическую конструкцию. Очевидно, что общее количество частиц, выходящих через новую конструкцию, меньше, чем у классической, и после расчета эффективности работы получилось, что эффективность осаждения нового модуля выше на 67 % по сравнению с классической конструкцией.

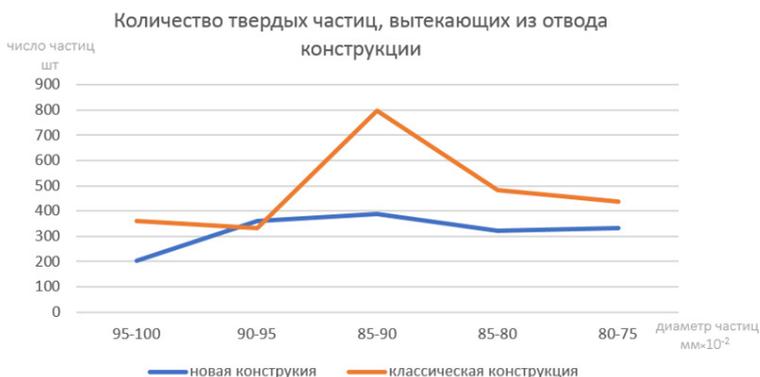


Рис. 4. Количество твердых частиц, покидающих расчетную область модели тонкослойного модуля через границу выхода (синяя линия – количество частиц, проходящих через новую конструкцию, красная – количество частиц, проходящих через классическую конструкцию)

## Литература

1. Фрог Д. Б. и др. Классификаторы тонкослойных модулей для наружных сетей водоснабжения. Методическое пособие. М.: НИИСФ РААСН. 2015. С. 26–30.
2. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85 (с Изменением № 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/554820821> (дата обращения: 04.03.21).
3. Пугачев П. В., Свобода Д. Г., Жарковский А. А. Расчет и проектирование лопастных гидромашин. СПб., Издательство Политех, 2016. 117 с.

**УДК 628.3**

*Александр Дмитриевич Мосеев,*  
студент

*Михаил Олегович Жакевич,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: aleksandrmosееv10@mail.ru,*  
*mzh63@yandex.ru*

*Alexander Dmitrievich Moseev,*  
student

*Mikhail Olegovich Zhakevich,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Nizhny Novgorod State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: aleksandrmosееv10@mail.ru,*  
*mzh63@yandex.ru*

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРУБЧАТЫХ  
АЭРАТОРОВ И ФИЛЬТРОСНЫХ ПЛАСТИН**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF TUBULAR  
AERATORS AND FILTER PLATES**

Система аэрации определяет не только экономические показатели очистных сооружений, но и существенно влияет на процесс биологической очистки, так как от величины поддерживаемой концентрации растворенного кислорода и эффективности перемешивания иловой смеси во многом зависит степень окисления загрязняющих веществ. Таким образом, задача разработки новых устройств, позволяющих повысить эффективность систем аэрации является актуальной. Система аэрации представляет собой комплекс оборудования и устройств, обеспечивающих забор воздуха из атмосферы, его подачу, распределение и перемешивание со всем содержимым аэрационного сооружения.

*Ключевые слова:* система аэрации, трубчатые аэраторы, фильтросные пластины, аэротенк, сточные воды.

The aeration system determines not only the economic indicators of treatment facilities, but also significantly affects the process of biological purification, since the degree of oxidation of pollutants largely depends on the value of the concentration of dissolved oxygen maintained and the efficiency of mixing the sludge mixture. Thus, the task of developing new devices to improve the efficiency of aeration systems is urgent. The aeration system is a complex of equipment and devices that provide air intake from the atmosphere, its supply, distribution and mixing with all the contents of the aeration facility.

*Keywords:* aeration system, tubular aerators, filter plates, aerotank, waste water.

Система аэрации обеспечивает снабжение жидкости кислородом, поддержание ила во взвешенном состоянии и постоянное перемешивание сточной воды с илом. Существуют три системы аэрации: пневматическая, механическая (поверхностная) и комбинированная (смешанная).

Суть пневматической системы аэрации предполагает распределение воздуха или кислородсодержащего газа под давлением по магистральным и воздухораспределительным трубопроводам к аэраторам-диспергаторам,

установленным под слоем воды в аэротенках.

Пневматическую систему, при которой воздух нагнетается в аэротенк под давлением подразделяют на три типа в зависимости от размера продуцируемого пузырька воздуха:

- на мелкопузырчатую – с размером пузырька до 4 мм. В этом случае используются пористые (керамические фильтросные пластины), тканевые, пластиковые аэраторы (трубы, диффузоры);
- среднепузырчатую – с крупностью пузырьков 5–10 мм;
- крупнопузырчатую с крупностью пузырьков более 10 мм.

В России наиболее распространённым типом мелкопузырчатых аэраторов являлись фильтросные пластины, вытесняемые на данный момент аэраторами из полимерных материалов (трубчатых, мембранных).

Фильтросная пластина изготавливается из пористого стекло-видного материала. Пластины заделывают в железобетонные каналы в днище аэротенка вдоль длиной его стороны.

Серьезным недостатком фильтросных пластин является их различная степень проницаемости. Поэтому, перед укладкой требуется их сортировка. Пластины, обладающие самым малым сопротивлением, следует укладывать в регенераторе или в первом коридоре.

Сортировка пластин осуществляется с помощью специальной установки для испытания фильтросных пластин.

Такую работу на практике выполняют крайне редко из-за ее сложности. В связи с этим в аэротенки укладываются пластины

в произвольном порядке, без учета их пропускной способности. Поэтому наблюдается неравномерность подачи воздуха по длине коридоров и нерациональное его использование. Другие, не менее важные недостатки:

1) повышенная засоряемость пор пылью, отсутствие эффективных способов регенерации пластин;

2) недостаточная прочность материала плит, что приводит к частым их разрушениям;

3) значительная неравномерность аэрации по длине аэраторов, обусловленная неоднородной воздухопроницаемостью плит;

4) сложность и трудоемкость выполнения ремонтных работ по замене разрушенных плит.

Современной заменой фильтросных пластин можно считать трубчатые аэраторы. Основой полимерных мелкопузырчатых аэрационных трубчатых элементов является несущая трубная конструкция с перфорированной мембраной из эластичного полимера. Способ лазерной перфорации мембраны обеспечивает постоянное образование мелких пузырей, предотвращает возвратное проникание жидкости при технологических или аварийных паузах и, следовательно, исключает ее загрязнение, на рисунке представлена перфорация мембраны аэратора.



Лазерная перфорация мембраны при увеличении

Представим сравнительные характеристики трубчатых аэра-  
торов и фильтросных пластин в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнительные характеристики аэраторов**

Характеристика	Фильтросные пластины	Трубчатые аэраторы
Размер элемента (Д×Ш×В, м м)	300×300×35	1000×128×128
Размер пузырьков воздуха, мм	0,2–0,5	2–5
Гидравлическое сопротивление нового элемента, кПа	5–7	0,84–2,65
Гидравлическое сопротивление старого элемента, кПа	15–20	4–6

Наглядно видно, что гидравлическое сопротивление трубчатых аэраторов значительно ниже устаревших фильтросных пластин. Благодаря этому снижается нагрузка на компрессорные установки, вследствие чего понижаются затраты на электроэнергию.

Другим существенным недостатком фильтросных пластин является трудоемкость монтажа, так как пластины укладываются в железобетонные лотки и заделываются цементным раствором. Из-за этой причины регенерация или замена фильтросных пластин будет являться технологически сложным процессом.

Обратная ситуация с трубчатыми аэраторами, которые просты в установке и подвергаются меньшему загрязнению. При определенном типе установки трубчатые аэраторы могут быть очищены путем подъема целой секции аэраторов.

Рассмотрим реальные примеры по модернизации очистных сооружений, в том числе замена фильтросных пластин на трубчатые аэраторы.

Пример изменения показателей очищенных сточных вод после замены аэраторов на Нижегородской станции аэрации города Нижний Новгород представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Изменение показателей сточных вод  
на Нижегородской станции аэрации**

Показатель	До модернизации	После модернизации
Содержание растворенного O <sub>2</sub> в аэротенках, мг/л	8,4	11,1
Содержание растворенного O <sub>2</sub> на выходе, мг/л	7,8	8,7
Содержание азота аммонийного, мг/л	0,71	0,56
Содержание азот нитритный, мг/л	0,21	0,007
Потребляемый ток воздухоувок зима/лето, А	170/150	150/135

Как видно из табл. 2, насыщение воды кислородом стало проходить эффективнее, при этом снизились затраты на электроэнергию. Экономия составляет порядка 76 000 кВт в год.

Также отмечается отсутствие застойных «мертвых» зон после модернизации системы аэрации в аэротенках, что говорит о равномерном распределении кислорода по всей толще воды аэротенка.

Пример наглядно показывает о необходимости модернизации системаэрации аэротенков путем установки новых аэраторов, к примеру трубчатых, для улучшения показателей очистки сточных вод иодновременного снижения эксплуатационных затрат в дальнейшем.

### **Литература**

1. Андреев С. Ю. Аюкаев Р. И. Системы аэрации для сооружений биологической очистки сточных вод // Проблемы современного города. Вып. 8 – М.: МГЦНТИ, 1971.
2. Воронова Ю. В., Яковлева В. С. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для ВУЗов // Ассоциации строительных вузов. 2006. 704 с.

3. Евилевич М. А., Брагинский Л. Н., Прицкер Б. С. Аэрационное оборудование для биологической очистки сточных вод в аэротенках // М.: ВНИПИЭИ, 1969.

4. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 // Минрегионразвития РФ. М., 2012. 85 с.

5. Биологическая очистка // Торгово-производственное предприятие «Экополимер». URL: <http://www.ecopolymer.com/ru/products/biologicheskaya-ochistka/> (Дата обращения: 15.12.2021).

УДК 628.356.3

*Сергей Александрович Ребитва,*  
студент

*Кристина Борисовна Борисова,*  
студент

(Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: s.rebitva@edu.sibstrin.ru,*  
*k.borisova@edu.sibstrin.ru*

*Sergei Aleksandrovich Rebitva,*  
student

*Kristina Borisovna Borisova,*  
student

(Novosibirsk State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: s.rebitva@edu.sibstrin.ru,*  
*k.borisova@edu.sibstrin.ru*

## **АНАЛИЗ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

### **ANALYSIS OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF PUMPS DURING RECONSTRUCTION OF SEWER PUMPING STATIONS**

В данной работе описывается исследование, где проведен анализ рабочих характеристик насосов для возможной реконструкции канализационной насосной станции. Благодаря этому исследованию насосы будут подобраны не только по лучшему КПД, но и по количеству их переключений за сутки, чтобы обеспечить более комфортную работу агрегатов и, следовательно, продлить их срок службы.

*Ключевые слова:* характеристики насосов, анализ характеристик, сравнение насосов, реконструкция насосной станции, канализационная станция, насосная станция.

This paper describes a study that analyzes the performance of pumps for a possible renovation of a sewage pumping station. Thanks to this study, pumps will be selected not only for the best efficiency, but also for the number of their switching per day, in order to ensure a more comfortable operation of the units and, therefore, extend their service life.

*Keywords:* pump characteristics, performance analysis, pump comparison, reconstruction of the pumping station, sewerage station, pumping station.

В настоящее время в нашей стране большое количество КНС нуждаются в модернизации, реконструкции и замене оборудования,

которое выработало свой ресурс. Об этом свидетельствуют результаты соответствующих обследований, которые проводятся в разных населенных пунктах.

Существует большой выбор нового современного насосного оборудования от ведущих производителей, как зарубежных, так и отечественных: Flygt, Wilo, Grundfos, KSB, Иртыш, Ливгидромаш и другие.

Обычно при выборе варианта замены оборудования КНС сравниваются предложения его производителей, репутация, стоимость оборудования, наличие и уровень сервисного обслуживания, КПД, потребляемая мощность и другие характеристики. По совокупности всех параметров выбираются наиболее привлекательные решения [1, 2].

В качестве объекта исследования была выбрана канализационная насосная станция № 4 МУП «ТУРА ЭНЕРГО» города Верхняя Тура Свердловской области [3]. На данной станции перспективным планом развития до 2028 года предусмотрена замена насосного оборудования. На момент обследования на КНС были установлены насосы CM 150-125-315/4 в количестве 4-х рабочих и 2-х резервных. Максимальная производительность КНС № 4 равна 704 м<sup>3</sup>/час, а напор равен 32,5 м.

В качестве вариантов для замены насосов были рассмотрены насосы фирм Wilo и Grundfos с гидравлическими характеристиками, аналогичными характеристикам насосов, установленных на канализационной насосной станции № 4 [4, 5]. Подача одного насоса в час максимального притока стоков равна 176 м<sup>3</sup>/час, а напор равен 32,5 м.

В результате подбора насосного оборудования для требуемого расхода и напора, были подобраны насосы марки Wilo FA 25.36E, а также Grundfos SL1.80.100.220.2.52S.S.N.51D.A.

По паспортным характеристикам построены характеристики совместной параллельной работы насосов, представленные на рис. 1. При помощи графиков совместной работы насосов и тру-

бопроводов были установлены величины подачи насосов при оди-  
ночной и совместной работе.

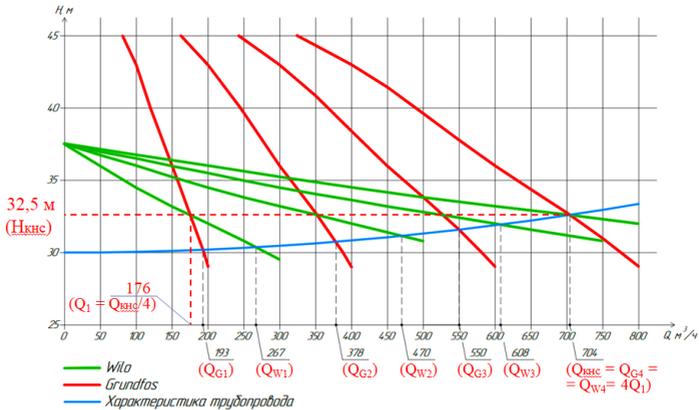


Рис. 1. Характеристики параллельной работы насосов:  
 $Q_W$  – подача насосов Wilo;  $Q_G$  – подача насосов Grundfos

Расчетные данные по режиму притока сточных вод на кана-  
лизационную насосную станцию приведены в виде ступенчатого  
графика и представлены на рис. 2.

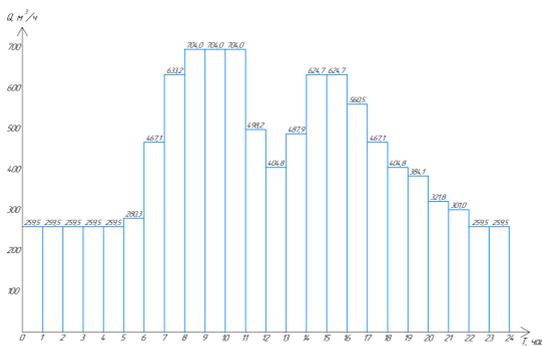


Рис. 2. Ступенчатый график притока сточных вод

Режим притока сточных вод на канализационную насосную станцию в форме интегрального графика представлен на рис. 3:

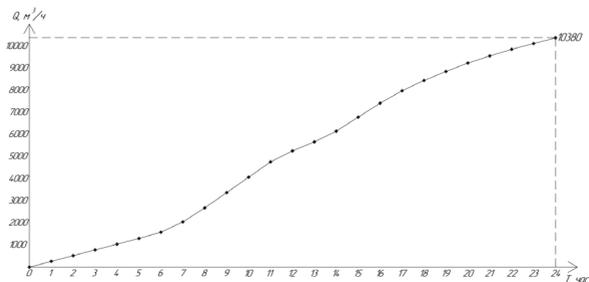


Рис. 3. Интегральный график притока сточных вод

Было принято решение сравнить два вероятных варианта замены установленных на ней насосов, с учетом возможных режимов их работы, построив интегральный график притока сточной жидкости на КНС, а также возможные интегральные графики работы насосов для каждого из двух сравниваемых вариантов. Данные графики представлены на рисунках 4, 5, 6 и 7.

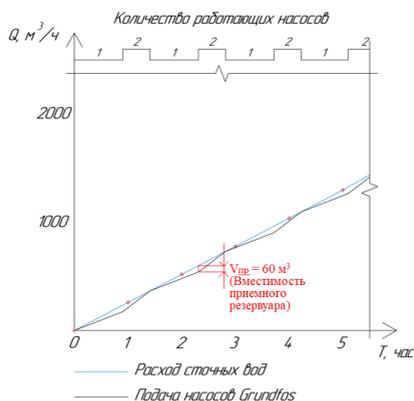


Рис. 4. Интегральный график работы насосов Grundfos

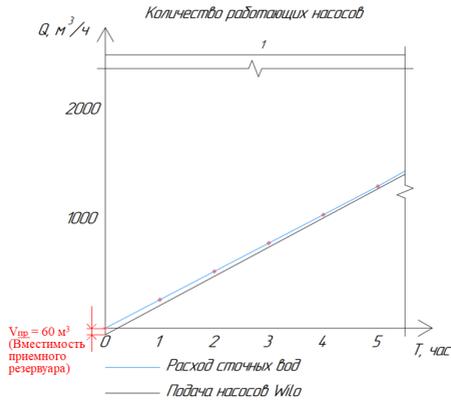


Рис. 5. Интегральный график работы насосов Wilo

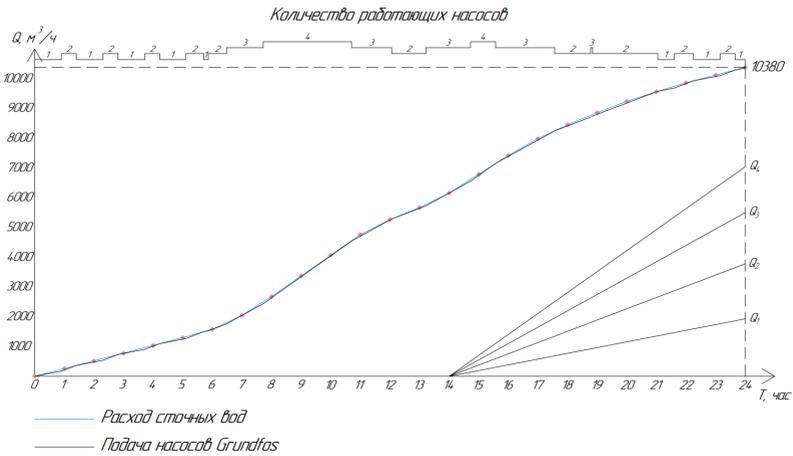


Рис. 6. Интегральный график работы насосов Grundfos за 24 ч

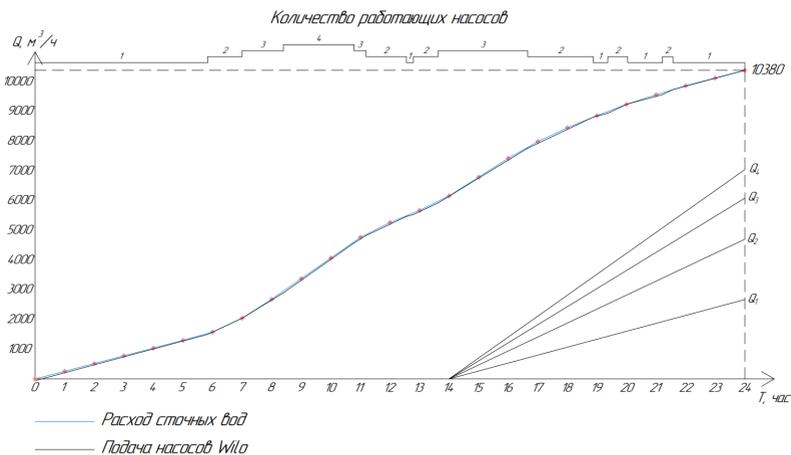


Рис. 7. Интегральный график работы насосов Wilo за 24 ч

На рис. 4, 5, 6 и 7 представлены интегральные графики работы насосов Grundfos SL1.80.100.220.2.52S.S.N.51D.A и Wilo FA 25.36E. С помощью этих графиков мы можем определить количество переключений насосов, после чего – выбрать для себя оптимальный вариант насосов для дальнейшей модернизации КНС.

Самым оптимальным вариантом является насос фирмы Wilo FA 25.36E. На протяжении 24 часов по заданному расходу сточных вод, насосы этой фирмы имеют меньшее количество переключений, что хорошо скажется на сроке службы данного насосного оборудования. Чего не скажешь про насос фирмы Grundfos, у которого количество переключений за сутки заметно больше, чем у насоса фирмы Wilo.

Вывод: при выборе варианта замены основного оборудования КНС, для более полной оценки принимаемых решений следует сравнивать возможные режимы работы насосов, опираясь на данные анализа их гидравлических характеристик.

## Литература

1. Николаев В. Г. Влияние характеристик насосов на энергопотребление канализационных насосных станций и качество очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 10–2. С. 3–10.
2. Деларме Л. Обслуживание и мониторинг канализационных насосов // Главный энергетик. 2009. № 8. С. 43–45.
3. Схема водоснабжения и водоотведения городского округа Верхняя Тура на период с 2018 по 2028 год. URL: <https://www.v-tura.ru/wp-content/uploads/СВиВ-ГО-Верхняя-Тура.pdf>. (Дата обращения: март 2022).
4. Сайт подбора насосного оборудования Wilo-Select 4. URL: <https://ru.wilo-select.com/StartMain.aspx>. (Дата обращения: март 2022).
5. Сайт подбора насосного оборудования Grundfos Product Center. URL: <https://product-selection.grundfos.com/ru>. (Дата обращения: март 2022).

**УДК 696.1**

*Максим Анатольевич Саньков,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: maxsnkv@mail.ru*

*Maxim Anatolyevich Sankov,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: maxsnkv@mail.ru*

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ  
ВИБ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**DEVELOPMENT OF A METHODOLOGICAL GUIDE  
FOR THE DESIGN OF WSS SYSTEMS, USING  
TECHNOLOGY OF BUILDING INFORMATION  
MODELING**

Системы водоснабжения и водоотведения являются неотъемлемой частью, инженерно-технического обеспечения здания, необходимых для комфортной жизнедеятельности человека. Выбор системы внутреннего водоснабжения, правильность гидравлического расчета, применение современного оборудования и материалов, использование активно развивающихся технологий информационного моделирования, эти и другие элементы – важные аспекты качественного проектирования систем водоснабжения и водоотведения, которые позволяют рационально использовать такой важный ресурс, как вода. В данной статье описывается необходимость адаптации методического пособия по проектированию систем внутреннего водопровода и канализации жилого здания.

*Ключевые слова:* строительство, проектирование, инженерные сети, водоснабжение и водоотведение, технологии информационного моделирования.

Water supply and sanitation systems are an integral part of the engineering and technical support of the building, necessary for a comfortable human life. The choice of an internal water supply system, the correctness of hydraulic calculation, the use of modern equipment and materials, the use of actively developing information modeling technologies, these and other elements are important aspects of the qualitative design of water supply and sanitation systems that allow rational use of such an important resource as water. This article describes the need to adapt a meth-

odological guide for students on the design of internal water supply and sewerage systems of a building.

*Keywords:* construction, design, engineering networks, water supply and sanitation, building information modeling.

Современный научно-технический прогресс не стоит на месте, и с каждым годом появляются новые технологии как в устройстве внутренних инженерных систем, так и в программном обеспечении для проектирования зданий и сооружений, привносящих более оптимизированные, удобные, практичные инструменты для работы инженеров. Наряду с этим, происходит актуализация норм и правил. Так, теперь, основным документом для проектировщиков внутренних систем водоснабжения и водоотведения с 08.04.2021 является СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий» [1], взамен СП 30.13330.2016 [2]. Изменения в данном СП [1] коснулись объектов производственных, многофункциональных зданий, общественных зданий высотой до 50 метров, а также жилых зданий, высотой не более 75 метров. Вместе с тем, вводятся новые нормы в сфере информационного моделирования: СП 333.135200.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.» [3], СП 328.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» [4]. Данные своды правил предназначены для формирования требований, предъявляемых к информационным моделям капитального строительства, основанным на постановлении правительства Российской Федерации от 5 марта 2021г. № 331 [5], в котором говорится, что все объекты, финансируемы за счет государственного бюджета, должны проектироваться с применением технологий информационного моделирования.

В связи с факторами, приведенными выше, возникла необходимость в разработке методического пособия по проектированию систем водоснабжения и водоотведения, актуализированная

под новые нормы и правила, которые необходимо учитывать при проектировании зданий. И так же предлагается использовать, как основу, относительно предыдущих инструментов для графической реализации курсового проекта новое программное обеспечение – Autodesk Revit MEP, реализующего принцип информационного моделирования зданий. Для освоения курса по санитарно-техническому оборудованию зданий разрабатывается методическое пособие, в который будут включены следующие разделы:

Состав курсового проекта

1. Исходные данные
2. Системы внутреннего водоснабжения здания
  - 2.1. Основные схемы внутреннего водоснабжения
  - 2.2. Система внутреннего водопровода холодной воды
    - 2.2.1. Ввод водопровода. Водомерные узлы
    - 2.2.2. Гидравлический расчет водопровода холодной воды
  - 2.3. Система внутреннего водопровода горячей воды
  - 2.4. Система внутреннего противопожарного водопровода
    - 2.4.1. Гидравлический расчёт противопожарного водопровода
  - 2.5. Материалы труб для водоснабжения
  - 2.6. Арматура трубопроводов
  - 2.7. Насосные установки
3. Системы внутреннего водоотведения зданий
  - 3.1. Система хозяйственно-бытовой канализации
    - 3.1.1. Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой канализации
  - 3.2. Система внутренних водостоков
    - 3.2.1. Гидравлический расчет внутренних водостоков
  - 3.3. Материалы труб водоотведения
4. Использование серой воды в жилом доме
5. Оформление курсового проекта

Так же к данному пособию прикреплен курс видео-лекций, демонстрирующий разработку графической части в программном

обеспечении Autodesk Revit MEP, состоящих из 5 уроков. В нем рассматриваются все основные моменты, необходимые для создания информационной модели здания и выпуска проектной документации:

1. Создание и настройка проекта ВК
2. Работа в модели ВК
3. Оформление проекта
4. Создание спецификаций оборудования и материалов
5. Экспорт DWG, PDF, IFC

Данный курс позволит подготовить молодых специалистов к работе в сфере информационного моделирования и поставлять на рынок трудоустройства профессиональные кадры, владеющими востребованными, в рамках строительной отрасли, технологиями.

### Литература

1. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. СНиП 2.04.01-85. М: Минстрой России, 2020. 96 с.
2. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. СНиП 2.04.01-85. М: Минстрой России, 2016. 92 с.
3. СП 333.135200.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла, М: Минстрой России, 2020. 195 с.
4. СП 328.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели, М: Минстрой России, 2020. 13 с.
5. Постановление № 331 Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства, М: Правительство РФ. 2021.
6. Ким А. Н., А., Койда А. Н., Подпорин А. В. Инженерное оборудование зданий (внутренний водопровод и канализация): метод, указ. по вып. курс. Работы / СПбГАСУ. 2010. 45 с.

**УДК 628.1**

Ульяна Александровна Тюнина,  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [welrkng@gmail.com](mailto:welrkng@gmail.com)

Uliana Aleksandrovna Tiunina,  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: [welrkng@gmail.com](mailto:welrkng@gmail.com)

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ВОДЫ  
НА ПИВОВАРЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

**INFLUENCE OF COMPOSITION OF THE WATER  
USED ON BREWING PRODUCTION**

Рассмотрено влияние воды, используемой в пивоваренном производстве, на процессы, протекающие во время всех этапов пивоварения, а также на износ оборудования. Подробно изучено влияние таких элементов воды как водородный показатель (влияние на все этапы), щелочность (связь с водородным показателем), кальций и магний (отвечают за жесткость воды, влияют на ферменты и дрожжи, вкус и мутность готового продукта, воздействие на оборудование), хлориды и сульфаты (формирование вкуса и запаха напитка, воздействие на оборудование и организм человека), натрий (добавка для корректировки вкуса). Описаны взаимосвязи между концентрациями некоторых элементов.

*Ключевые слова:* водоподготовка, пивоваренное производство, вода, компоненты воды, износ оборудования.

The influence of water used in brewing production on the processes occurring during all stages of brewing, as well as on the wear of equipment, is considered. The influence of water elements such as the hydrogen index (influence on all stages), alkalinity (connection with the hydrogen index), calcium and magnesium (responsible for water hardness, affect enzymes and yeast, taste and turbidity of the finished product, impact on equipment), chlorides and sulfates (formation of taste and aroma of the drink, effects on equipment and the human body), sodium (an additive for taste correction). The interrelations between the concentrations of some elements are described.

*Keywords:* water treatment, brewing, water, water components, equipment wear.

Вода является основой всего пивоваренного производства: она не только позволяет изготавливать пивной напиток, но и обе-

спечивает качественную работу основного оборудования. Так как все сорта пива требуют разное содержание отдельных веществ, контроль необходимых концентраций элементов в используемой на производстве воде является актуальной проблемой для пивоваренного производства.

В первую очередь, вода, используемая на пивоваренном производстве, должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Однако, для большого производства пива выдвигаются и более жесткие требования, регламентируемые технологической инструкцией к пивоварению.

На производстве пива используется следующее оборудование: заторно-сусловарочный котел, фильтрационный чан, вихревой, цилиндрико-конический танк, а также танк дображивания. Кроме того, для обеспечения правильного процесса пивоварения предусматриваются водонагреватели, теплообменники, холодильные установки для создания хладагента. Всё перечисленное оборудование может быть подвержено быстрому износу при использовании воды, которая не удовлетворяет определенным требованиям.

Если рассматривать конкретно пивной продукт, то существуют взаимосвязи между используемой водой на производстве и процессами пивоварения, а также на конечные свойства продукта (вкус, цвет, мутность, запах, влияние на организм человека).

Этапы пивоваренного производства: затирирование (изготовление затора), фильтрация, варка, охлаждение и осветление, брожение, созревание.

Рассмотрено влияние концентраций элементов в используемой воде на процессы пивоварения и свойства конечного продукта.

Водородный показатель является одним из самых основополагающих для процесса варки пива. Необходимо, чтобы на начальном этапе он находился в интервале 6,0–6,5 ед. рН [3], так как на следующих этапах производства он будет уменьшаться. В конечном продукте этот интервал приходит к значениям 3,8–4,8 ед. рН.

Затор является «смесью» воды и солода, из-за чего необходимо отслеживать его значение рН, оно влияет на дальнейшие этапы

производства. При значениях водородного показателя затора 5,2–5,8 ед. рН будут улучшаться энзимные процессы на этапе затира-ния. В случае меньшего значения может возникнуть растворение лишнего количества белков в сусле, что напрямую повлияет на конечные характеристики пива. Кроме того, значение водородного показателя затора активно оказывает влияние на сбраживаемость сусла. При превышении данного диапазона сусло хуже проходит этап брожения и это приводит к большей плотности напитка, а также к проявлению ощущения горечи в конечном продукте.

В пивоваренном производстве щелочность является обратным показателем по отношению к водородному, т.е. она показывает способность сопротивления к изменению рН затора и, соответственно, количество требуемой кислоты для понижения данного значения. На этапе затира-ния производятся кислоты, нейтрализующие часть бикарбонатов, из-за чего щелочность используемой воды не должна выходить из требуемого оптимального интервала 0,5–1,5 мг-экв/л [3], чтобы в процессе производства водородный показатель поддерживался на необходимом уровне.

В случае превышения заданного интервала будут проявляться эффекты, описанные во взаимосвязи водородного показателя и характеристик конечного продукта. Это обуславливается тем, что на этапе затира-ния от солода образуются кислоты, которых может не хватать на нейтрализацию бикарбонатов воды, из-за чего повышается значение рН, что также приведет к ухудшению ферментативных процессов.

В случае, если значение щелочности ниже заданного интервала, то образуется избыток образованных от солода кислот, что даст слишком выраженный кислый вкус у конечного продукта.

Кальций и магний являются основными элементами, отвечающими за жесткость воды. Они имеют схожее влияние на процесс пивоварения, однако в разной степени выраженности. По причине того, что влияние магния намного меньше, чем кальция, согласно ТИ [3] содержание магния должно быть близко к нулю, так как кальций выполняет все необходимые функции, соответственно, его

содержание должно быть в пределах 40–80 мг/л. Необходимо поддерживать баланс между концентрациями этих элементов.

Кальций и магний выступают в роли элементов, улучшающих ферментативные процессы при затирации, так как они стабилизируют и активируют действия ферментов. Кроме того, они важны на этапе брожения, так как формируют клеточные стенки дрожжей, за счет которых и протекает данный этап пивоваренного производства, а также улучшают их флокуляцию, чем обеспечивается уменьшение мутности готового продукта за счет снижения выделения кислот хмеля. Также содержание кальция и магния в требуемом диапазоне обеспечивает ускорение фильтрации суслу.

В случае превышения необходимых концентраций может возникнуть чрезмерное осаждение фосфатов из раствора, которые являются важными питательными веществами для дрожжей, а также высвобождение солей щавелевой кислоты, что приведет к образованию оксалата кальция на оборудовании, используемом на пивоваренном производстве. В случае, наоборот, недостаточного содержания кальция в используемой воде, необходимо предусматривать дополнительное осветление конечного продукта, так как снижается скорость осаждения дрожжей.

Сульфаты и хлориды в пиве используются для формирования аромата и вкуса. В случае хлоридов – солодовый аромат, а сульфатов – хмелевой горечи. Также хлориды снижают флокуляцию дрожжей. Так как кальций и магний выполняют функцию контроля осветления пива, необходимо обеспечивать баланс между этими тремя концентрациями.

В используемой воде содержание хлоридов должно быть в интервале 100–150 мг/л [3]. В случае превышения данного диапазона может возникнуть снижение скорости сбраживания и осветления пива, а также негативное влияние на оборудование за счет образования коррозии.

Содержание сульфатов, хлоридов, ограничивается интервалом 100–150 мг/л [3]. Как и в случае кальция и магния, концентрации сульфатов и хлоридов взаимосвязаны. При повышении

концентрации первого необходимо уменьшать концентрацию второго, в обратном случае у готового напитка проявится минеральный привкус.

За счет соблюдения требуемой концентрации сульфатов в используемой воде будет обеспечиваться улучшение стойкости пива за счет увеличения образования диоксида серы на этапе брожения. Однако, при превышении необходимого диапазона, на выходе пиво может оказаться опасным для здоровья человека и иметь сернистый запах.

Натрий используется как дополнительная добавка для корректировки вкуса готового продукта, потому что он имеет кисло-соленый привкус. Но при сильном превышении необходимой концентрации можно испортить этап брожения, так как это приводит к гибели дрожжей, за счет чего у готового напитка проявится грубый неприятный вкус. Чтобы избежать таких последствий, можно использовать натрий как добавку к готовому пиву.

По причине того, что на пивоваренном производстве используется вспомогательное оборудование (водонагреватели, теплообменники, холодильные установки), требующие также определенного состава воды (например, для создания хладагента необходимо использовать воду, близкую по составу к дистиллированной), самым оптимальным вариантом будет очищать воду до минимальных концентраций, а затем разделять ее на несколько потоков, идущих на дополнительные нужды, а также на само производство, но с применением реминерализации.

Таким образом, можно сделать вывод, что в пивоваренном производстве крайне необходимо тщательно отслеживать исходный состав воды, которая будет использоваться для приготовления пива. При упущении каких-либо балансов или превышении требуемых диапазонов, могут последовать некоторые негативные последствия: некачественный готовый продукт, оказывающий негативное влияние на организм человека, либо просто неприятный на вкус, запах и внешний вид, а также быстрый износ оборудования, задействованный в производственной линии.

## Литература

1. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»; М.: Правительство РФ, 2021.
2. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; М.: Правительство Российской Федерации, 2021.
3. ТИ-10-5031536-73-10 «Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков», 2010.
4. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения / пер. с нем. А. А. Куреленкова. – СПб.: Профессия, 2007. 640 с.
5. Меледина Т. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. Меледина – СПб.: Профессия, 2003. 304 с.
6. Руководство по экологическим и социальным вопросам пивоварни, 2009.
7. Briggs D., Boulton C., Brookes P., Stevens R. Brewing: Science and practice. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2004. 881 pp.
8. Palmer J., Kaminski K. Water: A comprehensive Guide for Brewers. Boulder, Colorado, 2013. 238 pp.

УДК 628.33

Юй Шуайсянь,

студент

Святослав Викторович Фёдоров,

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: yshuaixian@gmail.com,

svyatoslavfedorov@mail.ru

Yu Shuaixian,

student

Svyatoslav Viktorovich Fedorov,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: yshuaixian@gmail.com,

svyatoslavfedorov@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ МАЛОГО ДИАМЕТРА В ПЕРВИЧНОМ ОТСТОЙНИКЕ

### INVESTIGATION OF A METHOD FOR INCREASING THE RATE OF SETTLEMENT OF PARTICLES OF SMALL DIAMETER IN A PRIMARY SETTLER

В статье анализируются состояние частиц размером менее 100 мкм в потоке, предлагаются основные принципы повышения эффективности осаждения частиц малого диаметра. В работе предлагаются три варианта проектирования первичных отстойников. С помощью моделирования, установлено, что погружная стенка позволяет увеличить путь движения воды и гидравлическое время удерживания частиц малого диаметра в зоне отстаивания. Процесс моделирования осуществляется в программе ANSYS FLUENT. Результаты моделирования подтверждают, что конструкция первичного отстойника, предложенная в данной статье, может повысить эффективность осаждения частиц малого диаметра до 5 % по сравнению с традиционным отстойником.

*Ключевые слова:* первичный отстойник, эффективность осаждения, ANSYS FLUENT, моделирование первичного отстойника, погружная стенка.

The article, analyzing the state of particles smaller than 100 microns in the flow, the main principles for improving the efficiency of the deposition of particles of small diameter are proposed. The paper proposes three options for designing primary clarifiers. With the help of modeling, it was found that the immersion wall allows you to increase the path of water movement and the hydraulic retention time of small diameter particles in the settling zone. The modeling process is carried out in the ANSYS FLUENT program. Simulation results confirm that the design of the

primary clarifier proposed in this article can improve the settling efficiency of small diameter particles by up to 5 % compared to a conventional clarifier.

*Keywords:* Primary clarifier, Sedimentation efficiency, ANSYS FLUENT Software, simulation of a primary clarifier, submerged wall.

Известно, что в первичном отстойнике крупные взвешенные частицы легко оседают, а мелкие частицы, попадающие в зоны повышенной турбулентности, могут быть вынесены из отстойника. За направляющей пластиной первичного отстойника образуется большая вихревая зона, который принуждает частицы малого диаметра всплывать, что снижает скорость осаждения. Поэтому необходимо внести конструктивные изменения для устранения вихревой зоны за погруженной стенкой для повышения эффективности осаждения частиц малого диаметра.

Для моделирования был спроектирован и рассчитан первичный радиальный отстойник в соответствии с российскими нормативами [1, 2]. Для построения расчетной области было использовано стандартное приложение ANSYS – SpaceClaim. Созданная расчетная область показана на рис. 1.

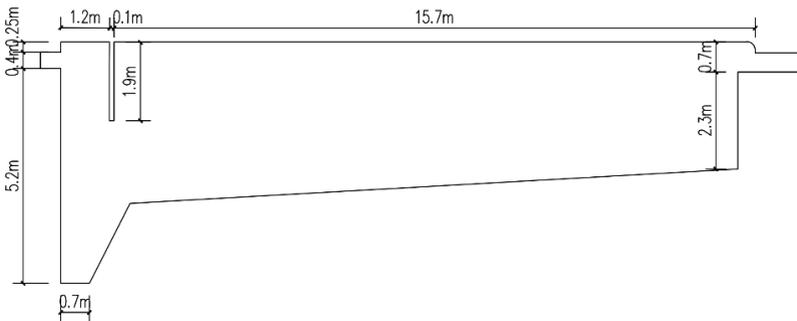


Рис. 1. Расчетная область модели

### 1. Схема улучшения погружной стенка отстойника, анализ состояния потока частиц малого диаметра

Первый вариант предусматривает устройство перфорации в погружной пластине. На рис. 2 (1) показана геометрия расчетной области с учетом перфорированной стенки.

Во втором варианте предлагается перфорировать только нижнюю часть погруженной стенки. В данном случае расчетная область будет иметь вид, показанный на рис. 2 (2). Длина перфорированной стенки составляет 1 м.

Третий вариант предлагает устройство изогнутой направляющей пластины под погружной стенкой. Пластина направляет поток воды в отстойнике к верхней части емкости. Расчетная область показана на рис. 2 (3). Размеры перфорированного дефлектора такие же, как и во втором варианте. Центральная точка изогнутого дефлектора находится на расстоянии 3,0 м от поверхности свободной жидкости и 1,0 м от левой стенки. Изогнутый дефлектор представляет собой конструкцию, полученную касательной к двум окружностям, где нижняя окружность имеет радиус  $R = 500$  мм.

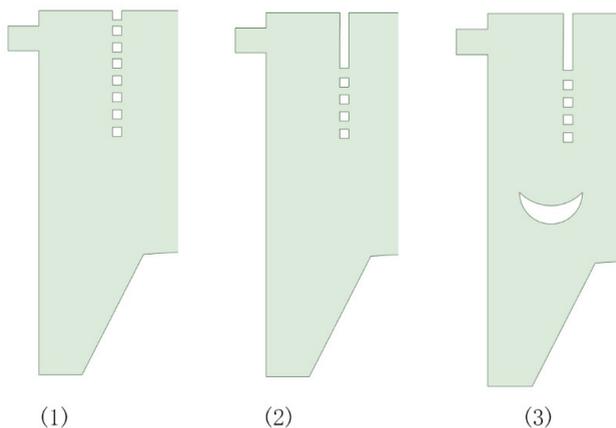


Рис. 2. Расчетная область модели отстойника

### Первый вариант

На рис. 3 показаны результаты моделирования. Как видно из диаграммы, поток воды, проходящий через перфорированную стенку, не образует вихревой зоны в верхней части отстойника. Напротив, в нижней части образуется большая вихревая область. Общая картина потока относительно хорошая по сравнению с обычной вертикальной стенкой.

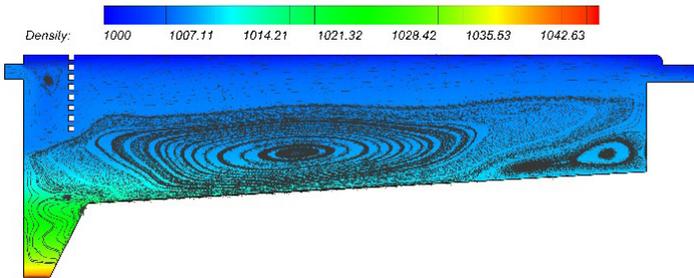


Рис. 3. Результаты моделирования по первому варианту

### Второй вариант

Численное моделирование отстойника по этому варианту дало результаты, показанные на рис. 4.

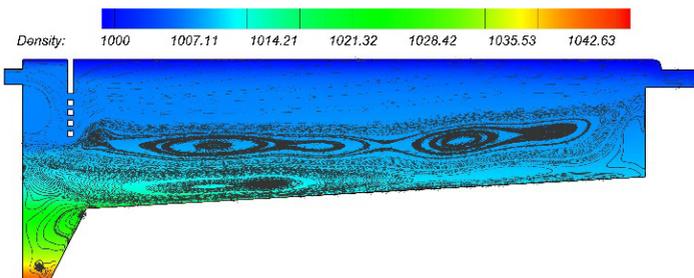


Рис. 4. Результаты моделирования по второму варианту

Из диаграммы видно, что этот вариант имеет лучшую структуру потока для частиц малого и среднего диаметра по сравнению с вариантом, когда стенка полностью перфорирована. Все вихри также располагаются в нижней части отстойника, однако они рассредоточены и занимают меньшую площадь.

### Третий вариант

Численное моделирование нижнего отстойника для этого варианта дало результаты, показанные на рис. 5.

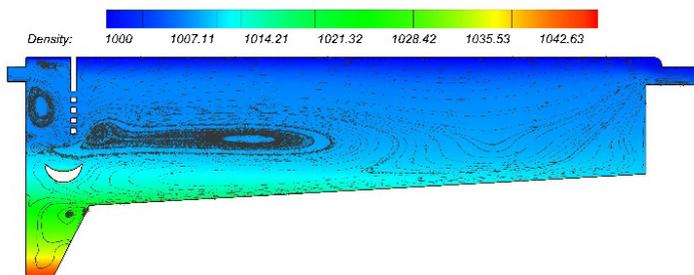


Рис. 5. Результаты моделирования по третьему варианту

Добавление пластины позволяет подавить вихрь перед отстойной частью емкости, равномерно распределить поток частиц в отстойнике, увеличить время пребывания потока воды, повысить эффективность использования объема отстойника и значительно улучшить процесс осаждения.

## 2. Анализ результатов сравнительной эффективности седиментации

Поток воды в отстойнике численно моделируется в трех измерениях с одинаковой скоростью  $V = 0,08$  м/с для трех вышеуказанных вариантов конструкции. Поток на входе представляет собой смешанный раствор воды и взвешенных частиц малого диа-

метра с объемной долей 0,08. Мы предполагаем, что режим течения в отстойнике достигает стабильности через 3000 с. Поэтому данные за первые 3000 с были рассчитаны для получения количества осадка, удаленного отстойником.

Объем удаленного осадка, полученный в результате трехмерного численного моделирования, был использован для расчета скорости седиментации взвешенных частиц малого диаметра для трех вариантов, полученные данные были сопоставлены и проанализированы, сравнительные результаты показаны на рис. 6.

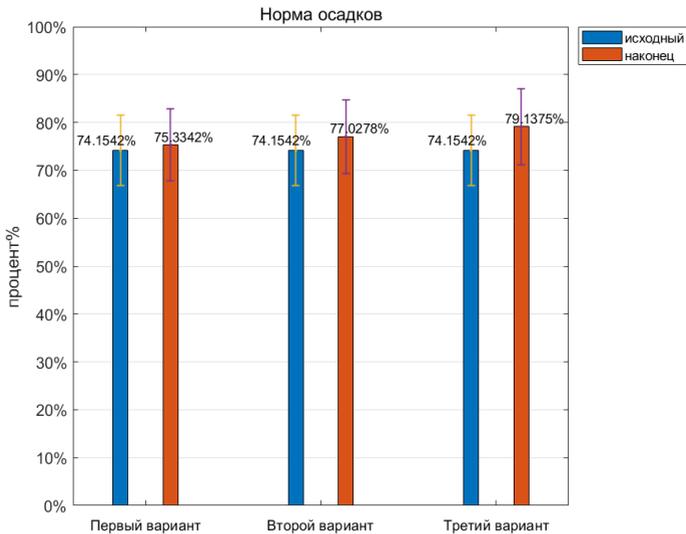


Рис. 6. Сравнение скоростей седиментации

В данном исследовании предлагаются три новые конфигурации погружной стенки в отстойниках и анализируется повышение эффективности осаждения частиц малого диаметра с помощью численного моделирования. Результаты моделирования, показывают, что при добавлении направляющей пластины в сочетании

с перфорированной стенкой достигается увеличение эффекта осаждения на 5 % по сравнению с традиционным отстойником.

### **Литература**

1. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод.
2. Римшин, В. И. Расчет проектируемых конструкций вторичного отстойника / В. И. Римшин, Е. С. Кецко, П. С. Трунтов // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2020. № 6 (1030). С. 39–41.

УДК 628.292

*Дмитрий Евгеньевич Поливанов,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: dmitry\_polivanov@mail.ru*

*Dmitrii Evgen'evich Polivanov,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: dmitry\_polivanov@mail.ru*

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ В СРЕДЕ DYNAMO ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ РАССТАНОВКИ ПОЖАРНЫХ КРАНОВ ВНУТРИ ЗДАНИЯ В REVIT**

### **DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE IN THE DYNAMO ENVIRONMENT TO CHECK THE CORRECT PLACEMENT OF FIRE CRANES INSIDE A BUILDING IN REVIT**

В настоящий момент применение информационных моделей зданий и сооружений (BIM – building information modeling) при их проектировании и строительстве становится все более популярным и востребованным во всем мире. При этом сильно возрастает актуальность вопросов автоматизации и оптимизации процессов извлечения из информационных моделей большого объема данных и их последующего анализа. Автоматизация и оптимизация данных рутинных процессов позволят значительно повысить как скорость разработки проектной документации, так и качество принимаемых решений (за счет исключения ошибок по причине «человеческого фактора»).

Автор данной статьи разработал методику и реализовал на ее основе программный модуль в среде Dynamo, который позволит за достаточно короткий промежуток времени рассчитать и визуально (графически) обозначить в здании зоны, где пожаротушение обеспечивается в соответствии с действующими нормами не менее чем от двух пожарных кранов.

Целью настоящей статьи является выполнение анализа результатов работы разработанного модуля и сравнение полученных результатов с расчетом «вручную».

На основании выполненного анализа будет сделан вывод о целесообразности применения разработанного программного продукта в процессе разработки и проверки проектных решений в части расстановки пожарных кранов внутри здания.

*Ключевые слова:* Dynamo, Revit, BIM, автоматизация, пожарный кран, противопожарный водопровод.

At the moment, the use of information models of buildings and structures (BIM – building information modeling) in their design and construction is becoming increasingly popular and in demand all over the world. At the same time, the issues of automation and optimization of the processes of extracting a large amount of data from information models and their subsequent analysis are greatly increasing. Automation and optimization of these routine processes will significantly increase both the speed of development of project documentation and the quality of decisions made (by eliminating errors due to the “human factor”)

The author of this article has developed a methodology and implemented a software module based on it in the Dynamo environment, which will allow for a fairly short period of time to calculate and visually (graphically) designate areas in the building where fire extinguishing is provided in accordance with current regulations from at least two PCs.

The purpose of this article is to analyze the results of the developed module and compare the results obtained with the calculation “manually”.

Based on the analysis performed, it will be concluded that it is advisable to use the developed software product in the process of developing and verifying design solutions regarding the placement of fire cranes inside the building.

*Keywords:* Dynamo, Revit, BIM, automation, fire crane, fire water supply.

BIM технологии с течением времени продолжают укреплять свои позиции в строительной сфере во всем мире и на данный момент уже сложно себе представить процесс проектирования без их применения. Строительная отрасль нашей страны тоже старается не отставать от общей мировой тенденции. Минстрой России еще в 2016 г. предложил сделать обязательным применение BIM-технологии при проектировании всех объектов, которые финансируются за счет средств госбюджета. Частные инвесторы тоже стараются, на сколько это возможно, внедрять BIM технологии в процесс разработки документации. На это есть ряд причин, одной из которых является возможность автоматизированного извлечения из информационной модели большого количества данных. Зачастую, когда данных очень много, как разработчик, так и проверяющий могут упустить из внимания часть информации,

не верно ее воспринять или сделать не верные выводы, что приведет к ошибкам в проектных решениях. При выполнении мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, в частности при расстановке пожарных кранов, это недопустимо.

При изучении вопроса проверки правильности расстановки пожарных кранов, было проанализировано наличие вспомогательных программ, позволяющих путем автоматизированной проверки снизить количество возможных ошибок или совсем их исключить, но, к сожалению, такие программы не были найдены в свободном доступе.

Поэтому, для минимизации влияния человеческого фактора на конечный результат, автором данной статьи был разработан и реализован в программном модуле в среде *Дунато* алгоритм проверки правильности расстановки пожарных кранов внутри здания, который позволяет при помощи нажатия одной кнопки, без дальнейшего участия разработчика или проверяющего, автоматически проанализировать возможные пути прокладки пожарных рукавов и получить на выходе информацию о том, пожаротушение каких зон здания обеспечивается в соответствии с действующими нормативами, а каких нет. При этом информация выдается в графическом, удобном для восприятия виде.

Разработанный модуль представляет из себя один самостоятельный скрипт *Дунато*. В качестве входной информации используется семейство пожарных кранов, данные из свойств конкретного экземпляра семейства, а также сведения о геометрических параметрах здания, положении и геометрических размерах стен, положении дверных проемов. Скрипт самостоятельно извлекает требуемые для расчета данные из модели здания. Для обеспечения универсальности в семейство пожарных кранов внесены дополнительные поля свойств, позволяющие задать ему основные расчетные параметры, такие как длина пожарного рукава и высота компактной части струи. На выходе скрипт предоставляет данные выполненного расчета в удобной для анализа графической форме (зоны, пожаротушение которых обеспечивается не менее,

чем от двух пожарных кранов обозначаются сплошной штриховкой). В случае, если выполненный расчет показал нарушение требований нормативных документов и наличие зон, в которых пожаротушение не обеспечено, следует выполнить смещение пожарных кранов и выполнить оценку правильности их расстановки заново.

Дать оценку эффективности разработанного модуля можно путем рассмотрения и анализа результатов его работы. При этом главным критерием является правильность выполняемых им расчетов, вторым – время, затраченное разработчиком или проверяющим на выполнение данной операции, третьим – наглядность результата и возможность его дальнейшей удобной и быстрой обработки разработчиком или проверяющим. Достоверность результата работы модуля может быть проверена путем наложения графического результата его работы на графический результат отображения зон, где обеспечивается пожаротушение, построенный вручную.

В качестве исходных данных для проведения анализа была взята информационная модель здания школы, внутри которой были расставлены пожарные краны. Применены пожарные краны, обеспечивающие расход 2,6 л/с с пожарным клапаном DN50, диаметром выходного отверстия пожарного ствола 16 мм, длиной пожарного рукава 10 м и высотой компактной части струи 6 м (в соответствии с СП 30.13330.2020) [1]. Информация, требуемая для расчета, внесена в предварительно добавленные в семейство поля свойств.

На следующих трех рисунках приведен фрагмент информационной модели здания с графически выделенной зоной, где пожаротушение обеспечивается не менее, чем от двух пожарных кранов. При этом:

- 1) на рис. 1 графическое выделение выполнялось вручную, зона выделена красной полилинией и красной штриховкой взаимно перпендикулярными линиями;
- 2) на рис. 2 графическое выделение выполнено разработанным скриптом, зона выделена сплошной голубой заливкой;
- 3) на рис. 3 приведено наложение рис. 1 на рис. 2.

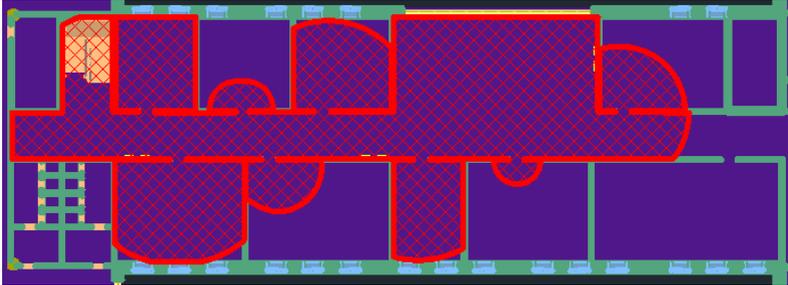


Рис. 1. Графическое выделение зоны, где обеспечено пожаротушение, выполненное вручную

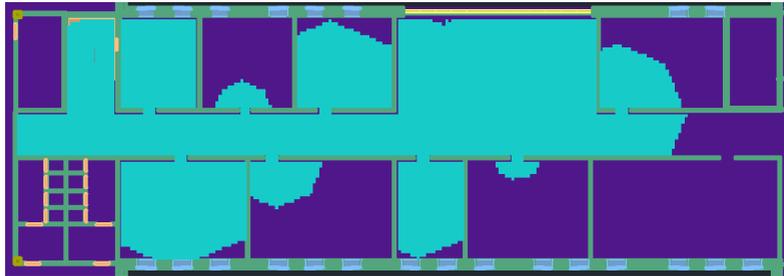


Рис. 2. Графическое выделение зоны, где обеспечено пожаротушение, выполненное при помощи скрипта *Dynato*

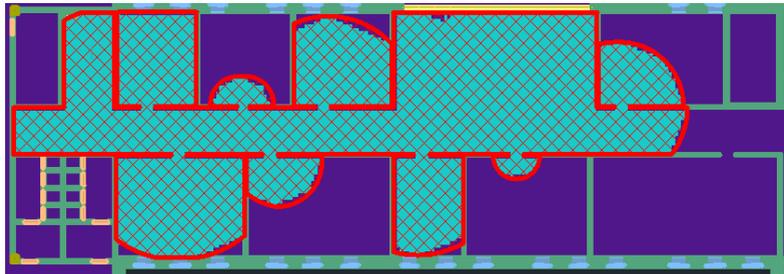


Рис. 3. Сравнение вручную выделенной зоны с зоной, выделенной при помощи скрипта *Dynato*

При анализе представленного графического материала видно, что имеются незначительные отклонения границ зон, полученных разными методами, друг от друга. Эти отклонения составляют не более шага графа (на представленных рисунках шаг = 0,20 м), по которому алгоритм выполняет расчет. Такие отклонения в вопросах построения пути прокладки пожарного рукава являются приемлемыми. Из этого можно сделать вывод, что разработанный модуль работает корректно и позволяет оценить, в каких зонах здания обеспечивается пожаротушение в соответствии с действующими нормами.

Время, которое затратил модуль на построение графического отображения зоны, где обеспечивается пожаротушение, в данном конкретном случае составило 15–20 минут, на построение аналогичной зоны «вручную» было затрачено около часа. При этом следует заметить, что в случае построения зоны при помощи разработанного модуля, после нажатия одной кнопки «Запуск», участие разработчика или проверяющего более не требуется, и все остальные расчеты и построения модуль выполняет самостоятельно, в то время, как при «ручном» построении разработчик непосредственно задействован в процессе и не может заниматься выполнением иных задач.

Учитывая вышеизложенное, можно с уверенностью утверждать, что программный модуль для проверки правильности расстановки пожарных кранов внутри здания в Revit, разработанный в среде *Dynato* [2], работает корректно и может применяться в реальных проектах.

### **Благодарности**

Работа выполнена в рамках проекта «BIM-ICE – BIM Integration in Higher and Continuing Education» Программы приграничного сотрудничества поддержки совместных проектов по внешним границам ЕС «Юго-Восточная Финляндия – Россия 2014–2020».

### **Литература**

1. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. М.: Минстрой России, 2020. 120 с.

2. Dynamo. Продукты Revit 2019. Autodesk Knowledge Network. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/Revit-Customize/files/GUID-F45641B0-830B-4FF8-A75C-693846E3513B-htm.html> (дата обращения 08.04.2022).

УДК 628.22

Чжан Шо,

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: zsblackpink96@gmail.com

Zhang Shuo,

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: zsblackpink96@gmail.com

## АНАЛИЗ СИСТЕМ СБОРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ ДВУХ ТИПОВ КРЫШ

### ANALYSIS OF SYSTEMS FOR THE COLLECTION AND USE OF RAINWATER FOR TWO ROOF TYPES

В статье обобщаются характеристики двух систем сбора и использования дождевой воды с крыши (традиционная крыша и зеленая крыша), а также сравниваются их преимущества и недостатки. По принципу работы обычной кровли объясняются методы сбора, обработки и повторного использования, а также выдвигаются характеристики сифонного метода. Основываясь на структуре и принципе работы системы зеленой крыши, проиллюстрированы преимущества зеленой крыши в качестве устройства предварительной обработки дождевой воды для снижения пикового расхода и улучшения качества воды.

*Ключевые слова:* дождевая вода с традиционной крыши, сбор дождевой воды с зеленой крыши, очистка воды, очистка подпора.

The article summarizes the characteristics of conventional roof rainwater harvesting and reuse systems and green roof rainwater harvesting and reuse systems in terms of structure, cleaning effect and application, and compares the advantages and disadvantages of each. Based on the principles of conventional rooftop rainwater harvesting and reuse systems, methods of harvesting, cleaning and reuse of rooftop rainwater are explained, and the characteristics of siphonic drainage systems used for rooftop rainwater harvesting and reuse systems are suggested. Based on the structure and operating principle of the green roof collection and use system, the potential of the green roof as a pretreatment unit in the rainwater treatment chain for flood flow reduction and water treatment is presented.

*Keywords:* conventional roof rainwater, green roof rainwater collection, water purification, backwater treatment.

Сбор дождевой воды на крышах делится на две основные категории: обычную систему сбора дождевой воды в кровле, с ис-

пользованием канализационной системы для сбора дождевой воды, обработки и рециркуляции дождевой воды; другая система – система сбора дождевой воды в зеленых кровлях, которая использует растения на крыше для сокращения потока дождевых осадков и уменьшения загрязнения воды на ранних стадиях.

## 1. Система сбора и использования дождевой воды

### 1.1. Система сбора дождевой воды

Система дождевой канализации бывает двух типов: гравитационная и сифонно-вакуумная. Гравитационная система является классической, появилась раньше; работает под атмосферным давлением. Она проста и является наиболее распространенной. Сифонно-вакуумная система имеет внутри зоны положительного и отрицательного давления (см. рис. 1). По сравнению с традиционной она отличается большей эффективностью (большей пропускной способностью) при меньших диаметрах, меньшей вероятностью засорения и лучшими звуковыми характеристиками [1].

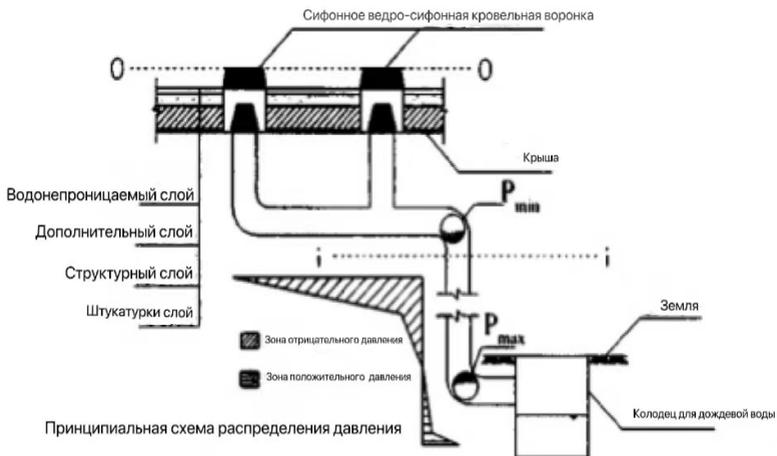


Рис. 1. Принципиальная схема гидравлического анализа сифонной системы

Поэтому с точки зрения рециркуляции сифонно-вакуумная система имеет больше преимуществ, чем гравитационная. В то же время для системы сбора дождевой воды нового здания сифонно-вакуумная система является наиболее быстрым и удобным способом. Но есть еще следующие ограничения для ее проектирования и применения:

1. Сифонная система может нормально работать только в небольшом диапазоне интенсивности осадков.
2. У сифонной системы трубопроводов есть проблема вибрации.
3. Отсутствие руководящих указаний в отношении прокладок и гидравлического расчета таких систем.
4. Трубы легко ломаются.
5. Воронки подвержены легкому засорению

## **1.2. Обработка дождевой воды и ее повторное использование**

Естественная дождевая вода относительно чистая, но следует обратить внимание на загрязнение дождевой воды с крыш. В ходе исследования было установлено, что средние концентрации ХПК, БПК<sub>5</sub> и общего азота в стоке дождевой воды в кровельных условиях превышают стандарты качества окружающей среды поверхностных вод, в том числе китайский GB 3838 – 2002, категория V [2].

Очистка дождевой воды должна сначала решить проблему исходной дождевой воды. Загрязнение дождевой воды на ранней стадии является серьезным, и ее следует обрабатывать отдельно от относительно чистой дождевой воды на более поздней стадии. Обычные методы очистки включают: построенные водно-болотные угодья, инфильтрационные пруды, фильтрацию через слой растительности, фильтрацию через песок и т. д. (эффекты очистки представлены в таблице). Кроме того, с экономической точки зрения обычно используется только чистая дождевая вода. Чтобы обеспечить надлежащее санитарное состояние дождевой воды, необходимо удалить из дождевой воды патогенные бактерии, а обычные методы включают фильтрацию и дезинфекцию.

**Эффект предварительной обработки дождевой воды [3]**

Процент удаления загрязняющих веществ					
Метод обработки	SS	N	P	Заболеваемость	Тяжелый металл
Регулирующий бассейн	30–60	15–45	15–45	<30	15–45–
Искусственное болото	50–80	30–65	30–65	<30	50–80
Инфильтрационный бассейн	50–80	50–80	50–80	65–100	50–80
Затонувшая зеленая зона	30–65	15–45	15–45	<30	15–45
Фильтрация растительности	50–80	50–80	50–80	<30	30–60
Песчаный фильтр	50–80	<30	50–80–	<30	50–80
Другие методы фильтрации	65–100	15–45	<30	<30	50–80

**2. Система сбора и использования дождевой воды с зеленых крыш****2.1. Функция зеленой крыши**

Зеленые крыши выступают в качестве буфера во время дождей большой интенсивности – время образования стока с крыши увеличивается за счет поглощения осадков. Увеличение времени формирования стока происходит из-за медленного высвобождения дождевой воды, оказывающейся в порах почвы (рис. 2).

**2.2. Перспективы применения зеленой кровли**

Зеленые крыши могут повышать влажность воздуха и поглощать тепло за счет испарения растений, тем самым замедляя эффект

городского острова тепла. В то же время зеленые крыши имеют экологические преимущества, такие как очистка воздуха, снижение уровня шума и увеличение биоразнообразия. Зеленая кровля как эффективный теплоизоляционный слой может уменьшить использование кондиционеров и таким образом снизить потребление энергии в зданиях. Можно придать динамизм городскому ландшафту и повысить коммерческую ценность зданий.

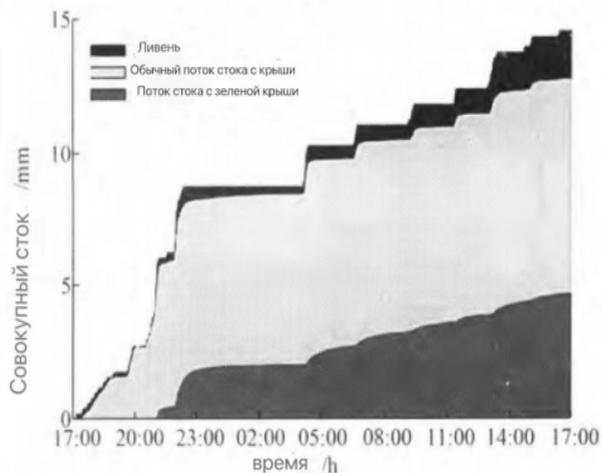


Рис. 2. Слой осадков за 24 ч (14,6 мм) [4]

### 3. Заключение

С конструктивной точки зрения зеленые крыши выдвигают требования к несущей способности и водонепроницаемости строительных конструкций зданий, а также требуют широкого взаимодействия с ландшафтными дизайнерами. С точки зрения вопросов обращения с дождевой водой, система сбора воды с обычных крыш имеют проблему, заключающуюся в том, что исходная дождевая вода не может быть обработана. Система сбора дождевой воды с зеленой крыши органичивает объемы воды, которые

могут быть предназначены для повторного использования, за счет задержания части воды растениями и почвой [5].

С точки зрения перспектив применения системы сбора воды с традиционных крыш технически более удобны, в том числе при реконструкции существующих зданий. Примеров применения зеленых крыш встречается меньше, и технология нуждается в дальнейшем совершенствовании.

В целом, обе системы ливневых вод имеют значительные преимущества и недостатки, и выбор следует делать, исходя из условий конкретного проекта.

### **Литература**

1. Su Y. Investigation of the rainwater collection and use system of buildings and settlements. Beijing: Tsinghua University, 2015.
2. Che W., Li J. Technology of urban rainwater use and management. Beijing: China Construction Industry Press, 2006.
3. Zhiguang D., Wo J., Jiang W.L. Preliminary study of the technical route of rainwater treatment in the early stages of urban development // Water Supply and Sanitation of China. 2009. 25 (10). P. 14.
4. Berndtsson J.C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality // Ecological Engineering. 2010. Vol. 36 (4). P. 351–360.
5. Кестерс В. П. Озеленение немецких садов на крыше // Китайский сад. 2005. Т. 21 (4). С. 71–75.

**УДК 628.477**

*Павел Сергеевич Филиппов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: horrorside.x@gmail.com*

*Pavel Sergeevich Filippov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: horrorside.x@gmail.com*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ  
КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ  
ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ  
И АНАЭРОБНЫМ СБРАЖИВАНИЕМ ЖИДКОЙ  
ФАЗЫ**

**STUDY OF PROCESSING OF SOLID MUNICIPAL  
WASTE BY THE METHOD OF HYDROTHERMAL  
CARBONIZATION AND ANAEROBIC DIGESTION  
OF THE AQUEOUS PHASE**

В настоящее время в России мало внимания уделяется экологичным и ресурсосберегающим методам в области обращения с отходами. Между тем реформа в области обращения с отходами серьезно отстает от плана, что говорит о системном кризисе в данной сфере. Для преодоления кризиса в области обращения с отходами необходимо привлекать внимание к проблеме, проводить научные исследования, финансировать и жестко контролировать отрасль. В статье автором рассматриваются актуальные исследования по переработке твердых коммунальных отходов методом гидротермальной карбонизации. Систематизируются данные и устанавливаются закономерности в процессах переработки отходов. Дается экономическая и экологическая оценка касательно рассматриваемого метода.

*Ключевые слова:* твердые коммунальные отходы, гидротермальная карбонизация, анаэробное сбраживание, экология.

At present, little attention is paid in Russia to environmentally friendly and resource-saving methods in the field of waste management. Meanwhile, the reform in the field of waste management is seriously lagging behind the plan, which indicates a systemic crisis in this area. To overcome the crisis in the field of waste management, it is necessary to draw attention to the problem, conduct research, finance and tightly control the municipal solid waste industry. In the article, the author discuss-

es current research on the processing of municipal solid waste by the method of hydrothermal carbonization. Data are systematized and patterns are established in the processes of waste processing. An economic and environmental assessment is given regarding the method under consideration.

*Keywords:* solid municipal waste, hydrothermal carbonization, anaerobic digestion, ecology.

В соответствии с международными нормами, в области экологически безопасного и ресурсосберегающего обращения с отходами, иерархический порядок обращения с отходами строится следующим образом [1]:

- предотвращение образования отходов;
- повторное использование отходов;
- переработка отходов в качестве вторичных материальных ресурсов,
- другие методы ликвидации отходов, например, сжигание в энергетических целях;
- размещение опасных отходов на полигонах.

Вопрос выбора технологических методов по обращению с отходами является актуальным, так как с 2015 г наблюдается тенденция увеличения объемов отходов в среднем на 4 % в год. По данным доклада Минприроды РФ, в 2020 г на территории РФ образовалось 7 млрд. т отходов производства и потребления, в том числе 4,9 млрд. т твердых коммунальных отходов (далее – ТКО), до 90 % которых вывозятся на свалки, а объем сжигаемых отходов составляет не более 3 % [2]. Захоронение ТКО на полигонах и свалках является самым популярным методом утилизации отходов в России. Так общая масса ТКО, захороненных в 2020 г., составила 3,7 млрд т.

Традиционные методы утилизации ТКО могут наносить вред окружающей среде. Полигоны захоронения отходов являются третьим по величине источником выбросов метана, который в 23 раза эффективнее удерживает тепло в атмосфере Земли, чем CO<sub>2</sub>. Проблемы со свалками включают в себя фильтраты и токсины, являющиеся загрязнителем грунтовых вод. На мусоросжигательных

заводах старого поколения образуются вредные и токсичные тяжелые металлы и диоксины – сильнейшие канцерогены.

В целях исследования снижения антропогенной нагрузки и использования энергетического потенциала ТКО предлагается рассмотреть метод гидротермальной карбонизации (далее – ГТК) с анаэробным сбраживанием (далее – АС) жидкой фазы ГТК.

В литературе сообщается о рабочих условиях ГТК в диапазоне от 180 °С до 320 °С на основе различного сырья, которое дает три основных продукта с процентным соотношением: гидроуголь «зеленый уголь» (45–70 %), водная фаза (5–25 %) и газы, которые в основном состоят из CO<sub>2</sub> (2–5 %) [3].

Цель рассматриваемого исследования заключалась в том, чтобы: 1) исследовать ГТК ТКО при различных температурах (250, 280, 310 °С) и времени пребывания (10 мин, 1 ч, 6 ч), 2) оценить свойства водной фазы и гидроугля, 3) изучение водной фазы для получения экспериментальных данных на выходе биогаза, чтобы понять биоразлагаемость. [4].

Исследование ГТК смешанного сырья ТКО проводилось с использованием реактора периодического действия высокого давления объемом 500 мл (серия PARR 4570). Морфологический состав ТКО (табл. 1) подобран исходя из средних значений для урбанизированных территорий с населением свыше 1 млн. Состав близок результатам исследований морфологического состава ТКО от жилого фонда в г. Москва за 2015 г [5].

Таблица 1

Состав ТКО

Материал	Процент от общей массы ТКО
Макулатура	35,5
Стекло	9,6
Полимеры	16,4

Окончание табл. 1

Материал	Процент от общей массы ТКО
Пищевые отходы	27,6
Металлы (алюминий, медь)	10,9
Деионизированная вода	20

Для серии экспериментов массовый баланс показал, что 22–48 % углерода осталось в твердой фазе (углеводород), 33–45 % в водной фазе и 15–44 % в газовой фазе (рис. 1). Газовую фазу рассчитывали путем вычитания водной и твердой фаз. В литературе сообщается, что основной состав газовой фазы ГТК состоит из диоксида углерода и следовых количеств газов  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$  [6]. Установлена закономерность для условий 250 и 280 °С, что с увеличением времени реакции увеличивается переход углерода в газообразное состояние, а увеличение температуры на 30 °С привело к увеличению количества углерода в водной фазе. Условия 280 °С и 10 мин дали самый высокий процент углерода в водной фазе (45 %).

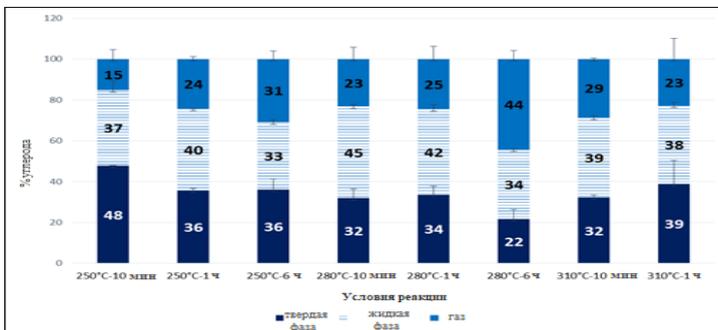


Рис. 1. Распределение углерода после ГТК. Значения являются средними для трехкратного анализа

Водная фаза ГТК ТКО анализировалась на общее содержание твердых веществ, летучих твердых веществ, на содержание общего органического углерода (далее – ТОС) и общего азота (ТН). Водная фаза так же была протестирована на ХПК, рН, сахара и органические кислоты. Условия 280 °С в течение 10 минут дали самый высокий ТОС на уровне 8,16 г/л, а другие условия в пределах 6–7 г/л (рис. 2). Значения ХПК дали более высокие количества, чем ТОС. Тенденция снижения ТОС по мере повышения температуры объясняется тем, что водорастворимые органические вещества являются промежуточными продуктами при образовании газа и угля.

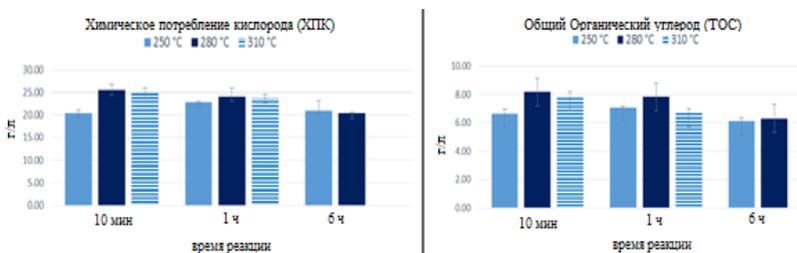


Рис. 2. ХПК и ТОС водной фазы ГТК ТКО

Было обнаружено несколько органических кислот (молочная, уксусная и муравьиная) и сахара. Присутствие сахаров и органических кислот в основном связано с гидролизом целлюлозы и гемицеллюлозы, и продуктов их разложения [7]. Основными органическими соединениями были молочная кислота и манноза. Условия 280 °С и 10 мин дали 13,3 г/л молочной кислоты, которая имеет потенциал для восстановления, а фенолов – 16,1 мг/л, что не будет препятствовать анаэробному биоразложению [8]. рН для всех образцов водной фазы был в пределах 3–4 из-за присутствия органических кислот. Так же эксперимент показал, что ГТК не влияет на разрушение металла и стекла.

Выход гидроугля варьировался от 35 % до 56 %. Наименьший выход гидроугля был получен при температуре 280 °С в течение

6 часов, а самый высокий — при 250 °С в течение 10 минут. Более низкие температуры не дают достаточной карбонизации до необходимого сырья. Как правило, содержание углерода в гидроугле увеличивается с повышением температуры, что приводит к увеличению теплоты сгорания. В данном случае теплота сгорания гидроугля увеличилась на 40 % от исходного сырья. Величины золы варьировались от 4,8 % до 21,7 %, увеличиваясь по мере увеличения времени пребывания и температуры. Стоит отметить, что профили горения гидроугля и бурого угля по пиковой температуре, температуре воспламенения и температуре выгорания отличаются всего на 2–6 %. Также у гидроугля есть большой потенциал для использования в качестве добавки к почве и вспомогательно-го средства в процессе АС.

Процесс анаэробного сбраживания включает расщепление субстратов посредством гидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и метаногенеза. Метаногенез является фазой образования продуктов выделения энергии –  $\text{CH}_4$  (45–70 %),  $\text{CO}_2$  (30–45 %) и следовых количеств  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{O}_2$ . Успешную биодеградацию сырья для производства биогаза обеспечивают контроль таких параметров, как температура, pH, соотношение субстрата и инокулята, соотношение углерода и азота (C:N) и микроэлементы.

В литературе сообщается, что благоприятными для процесса АС являются концентрация аммиака ниже 0,2 г/л, pH около 7,2, соотношение C:N в диапазоне от 20 до 30. Высокое соотношение C:N может привести к дефициту азота, а низкое соотношение может привести к ингибированию аммиака. Стабилизация незаменимых микроэлементов (Ca, Fe, Mo, Ni) на оптимальных концентрациях так же улучшает пищеварение [9]. Добавление биоугля в качестве вспомогательного средства для АС увеличивает общий выход биогаза, уменьшает ингибирование и сокращает лаг-фазу на 40–45 %. Эта синергия обусловлена абсорбирующими свойствами биоугля.

Водные фазы ГТК тестировались на биоразлагаемость методом АС. АС проводилось всего 15 дней, поскольку водной фазе

требуется меньше времени для разложения, по сравнению с обычными твердыми субстратами. Производство биогаза варьировалось от 48 до 327 мл биогаза/г ТОС. Условия 280 °С и 10 минут оказались наиболее идеальными из-за самого высокого выхода ТОС. Установлено, что увеличение ТОС с 0,1 г до 0,5 г дало выход в 520 мл биогаза/г ТОС, что говорит о потенциале гидроугля в качестве добавки.

В целях улучшения биоразлагаемости жидкой фазы ГТК использовались улучшения для АС (азот, микроэлементы, биоуголь). Для условий 280 °С и 10 мин простое добавление  $\text{NH}_4\text{Cl}$  соотношение С:N было снижено с 62 до 25–30, что значительно улучшило пищеварение и содержание  $\text{CH}_4$ . Это увеличило выход биогаза с 12 % до 39–41 % и произвело 241 мл биогаза/г ХПК с биоразлагаемостью 41 %. Добавление микроэлементов до рекомендуемых концентраций увеличило выход биогаза с 12 % до 17 %. Добавление биоугля в АС увеличило содержание  $\text{CH}_4$ , а также помогло улучшить переваривание за счет подавления ингибирования и уменьшения колебаний рН.

Для расчета энергоэффективности, сбалансированности и стоимости процесса ГТК ТКО с АС водной фазы были использованы данные аналогичного процесса [10]. Сценарий данного процесса (рис. 3) заключается в том, что все отходы перерабатываются в процессе ГТК. Полученную водную фракцию направляют на анаэробное сбраживание. Твердая фракция остается для дальнейшей обработки. Газ от ГТК принимается в качестве выбросов в окружающую среду, но так же имеет энергетический потенциал.

Для сценария 280 °С и 10 мин с добавлением азота общая энергоэффективность ( $\eta$ ) была рассчитана на основе энергозатрат от отходов, энергии, необходимой для нагрева ТКО и воды вместе с сушилкой и фильтр-прессом, а также выходной энергии, включая сжигание гидроугля, и энергии, полученной из метана. В таблице 2 показаны энергетический баланс с оценкой стоимости для комбинированного процесса ГТК + АС. Затраты на энергию и производство энергии были преобразованы в себестоимость с использова-

нием средней цены РФ (2021 г.) за кВт ч (3,1 руб за кВт ч). Самые большие затраты для всей системы — это нагрев реактора ГТК (вода и сырье), однако часть этой энергии может быть компенсирована за счет энергии, получаемой от сжигания биогаза и сжигания гидроугля. Предполагаемое потребление энергии составляет 42 % от предполагаемого извлечения энергии от сжигания гидроугля и биогаза.

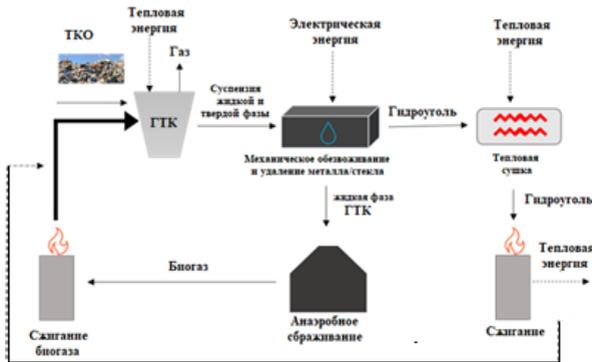


Рис. 3. Сценарий интегрированного процесса ГТК + АС жидкой фазы

Таблица 2

**Энергетический баланс в сочетании с оценкой стоимости**

Сценарий		Вход $E$	(кВтч/тонна ТБО)			Выход $E$			
			$E$ , ГТК	$E$ , ф. пресс	$E$ , сушки		$E$ , угля	Потен- циал	$E$ , $\text{CH}_4$
280 °C	10 мин	2497	653	19	223	1048	–	82,7	0,33
Стоимость в пересчете за 1 кВт ч стоимостью 3,1 руб, руб									
			-2025	-59	-691	+3248	+3320	+257	= 4050

Сжигание гидроугля в процессе ГТК ТКО имеет важное значение для общей энергоэффективности, стоимости и воздействия на окружающую среду для всей системы, которая, являясь углеродно-нейтральной, имеет перспективы для биоэкономики замкнутого цикла.

### **Литература**

1. ГОСТ Р 55830-2013. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Иерархический порядок обращения с отходами.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году» [Электронный ресурс]. URL: <https://2020.ecology-gosdoklad.ru/doklad/otkhody-proizvodstva-i-potrebleniia>. (Дата обращения март 2022).
3. Berge N. D., Li L., Flora J. R., R, K. S. Assessing the environmental impact of energy production from hydrochar generated via hydrothermal carbonization of food wastes // *Waste Management*. 2015. Vol. 43. P. 203–217.
4. Kameron J. Adams, Ben Stuart, Sandeep Kumar. Investigation of Anaerobic Digestion of the Aqueous Phase from Hydrothermal Carbonization of Mixed Municipal Solid Waste // *Biomass*. 2021. P. 61–73.
5. Предварительный отчет научно-исследовательской работы «Определение состава и свойств ТБО на объектах инфраструктуры и в жилом секторе CAO г. Москвы» // Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, 2015. – С. 65.
6. Funke A., Ziegler F. Hydrothermal carbonization of biomass: a summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering // *Biofpr*. 2010. Vol. 4 (2). P. 160–177.
7. Григорьева О. Н., Харина М. В. Кислотный гидролиз лигно-целлюлозосодержащего сырья в технологии получения биоэтанола // *Вестник технологического университета*. 2016. Т. 19 (10). С. 128–132.
8. Erdogan E., Atila B., Mumme J., Reza M. T., Toptas A., Elibol M., Yanik J. Characterization of products from hydrothermal carbonization of orange pomace including anaerobic digestibility of process liquor // *Bioresource Technology*. 2015. Vol. 196. P. 35–42.
9. Dioha I., Ikeme C., Nafi'u T., Soba N., Yusuf M. Effect of carbon to nitrogen ratio on biogas production // *International Research Journal of Natural Sciences*. 2013. P. 1–10.

10. Lucian M., Volpe M., Merzari F., Wüst D., Kruse A., Andreottola G., Fiori L. Hydrothermal carbonization coupled with anaerobic digestion for the valorization of the organic fraction of municipal solid waste // *Bioresource Technology*. 2020. Vol. 314. P. 123734.

**УДК 628.2**

*Лю Хао,*

студент

*Святослав Викторович Фёдоров,*

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 304329703@qq.com,*

*svyatoslavfedorov@mail.ru*

*Liu Hao,*

student

*Svyatoslav Viktorovich Fedorov,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 304329703@qq.com,*

*svyatoslavfedorov@mail.ru*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОЖИДКОСТНОГО  
ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В АЭРОТЕНКЕ  
С ВНЕШНИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ**

**MODELING OF GAS-LIQUID TWO-PHASE FLOW  
IN THE AERATION BASIN WITH EXTERNAL  
INFLUENCES**

Для численного моделирования упрощенного проточного аэротенка использовалась эйлерова модель многофазного потока, дополненная моделью турбулентности  $k-\epsilon$ . Уравнения управления были дискретизированы методом конечных объемов и решены алгоритмом Phase Coupled SIMPLE. В аэротенке с цилиндрическим препятствием получены данные об изменении объемной доли газовой фазы и распределении скоростей газожидкостной фазы в характерном сечении аэротенка при различных скоростях аэрации. Анализ показывает, что эффект цилиндрического препятствия приводит к увеличению скорости аэрации и предотвращает быстрый выход газа из аэротенка. Вокруг цилиндрического препятствия образуется большой вихрь, что повышает эффективность аэрации в аэротенке.

*Ключевые слова:* аэротенк, двухфазный поток газ-жидкость, численное моделирование, Fluent, внешние воздействия.

The Eulerian-Eulerian multiphase flow model, supplemented by the  $k-\epsilon$  turbulence model, was used to numerically simulate a simplified push-flow aeration basin, and the control equations were discretized by the finite volume method and solved by the Phase Coupled SIMPLE algorithm. In the aeration tank with the addition of cylindrical obstruction, the variation of the gas-phase volume fraction and the distribution of the gas-liquid velocity in the characteristic section of the aeration tank

at different aeration velocities were obtained by the simulation. It is obtained from the analysis that under the influence of the cylindrical obstruction, the aeration velocity can be increased to a higher extent and the phenomenon of rapid escape of gas from the aeration tank can be prevented. And it will form a large vortex around the cylindrical obstruction, thus improving the treatment efficiency of the aeration tank.

*Keywords:* aeration tank, two-phase gas-liquid flow, numerical simulation, Fluent, external influences.

С развитием экономики и общества проблема загрязнения воды становится все более серьезной, а вопросу очистки сточных вод уделяется все больше внимания. Среди различных методов очистки сточных вод метод биологической очистки является наиболее часто используемым для очистки бытовых и муниципальных сточных вод, а также органических промышленных сточных вод. Аэротенки представляют собой разновидность процесса очистки сточных вод с органическими соединениями. В аэротенках для процесса очистки используется активный ил.

Форма, размер и рабочие параметры аэротенка оказывают влияние на характерное сечение коридора аэротенка. Большое влияние на очистку оказывает изменение объемной доли газовой фазы и характер распределения скоростей газовой и жидкой фаз на аэротенке. Поэтому многие ученые исследовали и оптимизировали аэротенки для их рациональной и эффективной работы. Waawain M. S. и др. [1] экспериментально исследовали некоторые свойства пузырьковых шлейфов от двух наклонных круговых струй воды на поверхности аэротенка и обнаружили, что воздух лучше удерживается с увеличением скорости потока жидкости. Feng W. и др. [2] систематически исследовали влияние рабочих параметров на локальное скопление воздуха. Влияние рабочих параметров на местное содержание газа и скорость жидкости было систематически исследовано Feng W. и др. [2], и было сделано заключение, что местная средняя осевая скорость жидкости и местное среднее содержание газа увеличиваются с увеличением кажущейся скорости газа. Однако, когда скорость газа увеличивается, это приводит к тому, что газ быстро достигает поверхности жидкости и улетучивается,

поэтому автор устанавливает цилиндрическое препятствие на расстоянии 500 мм от поверхности жидкости, чтобы уменьшить скорость газа при достижении поверхности жидкости, обеспечивая тем самым высокую эффективность аэрации.

Для изучения автор предлагает использовать двухжидкостную модель, основанную на моделях газожидкостного двухфазного потока, изученных Дудуковичем [3], Чжоу [4] и др.

### 1. Расчетная модель

Расчетная модель представляет собой часть аэротенка прямоугольной формы с цилиндрическим препятствием, установленным на 500 мм ниже начального уровня жидкости (см. рис. 1). Значения параметров представлены в таблице. При моделировании граничное условие выхода давления использовалось в верхней части аэротенка ( $P_m = 0$  Па), Шаг по времени  $\Delta t = 0,01$  с, общая продолжительность 2000 с. Коэффициент релаксации давления равен 0,7, коэффициент релаксации уравнения количества движения равен 0,3, а остальные значения являются значениями по умолчанию.

#### Моделирование параметрических данных

Имя параметра и единица измерения	Числовые значения
Высота H; мм	2500
Начальный уровень жидкости h; мм	2000
Расстояние от дна бассейна, прегражденного цилиндром x; мм	1500
Длина a; мм	600
Ширина b; мм	200
Скорость газа $v_1; v_2; v_3$ ; м/с	0.1; 0.3; 0.5
Температура дисперсной фазы; °C	25
Температура непрерывной фазы; °C	25

ANSYS FLUENT 12.1.0

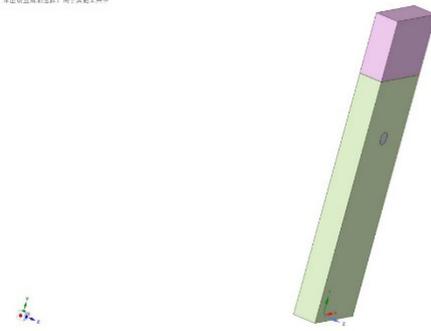
ANSYS  
2010 R2

Рис. 1. Модель аэротенка

## 2. Результаты и анализ

### 2.1. Распределение газа в аэротенке

Величина содержания газа в аэротенке и распределение газа в аэротенке отражают скорость переноса кислорода и степень адекватного перемешивания между газом и жидкостью. На рис. 2 изображены контуры скорости газосодержания в три различных момента времени в центральной осевой части аэротенка, на примере скорости газа 0,5 м/с. Как видно из рис. 2, пузырьки только начинают быстро и вертикально подниматься вверх, когда пузырьки соприкасаются с цилиндрическим препятствием, газ отклоняется в обе стороны, и пузырьки не достигают поверхности жидкости прямо и быстро, таким образом, предотвращая утечку из-за быстрого достижения пузырьками поверхности жидкости. После того как пузырьки достигают поверхности жидкости, они начинают отклоняться от центра оси, группа пузырьков начинает обходить цилиндрическое препятствие, снова опускается на дно бассейна, совершая круговое движение, образуя вихрь. В результате диффузии и кругового движения, благодаря чему в аэрационном бассейне газ и жидкость контактируют друг с другом более длительное время, способствуя химическим реакциям и массообмену в реакторе.

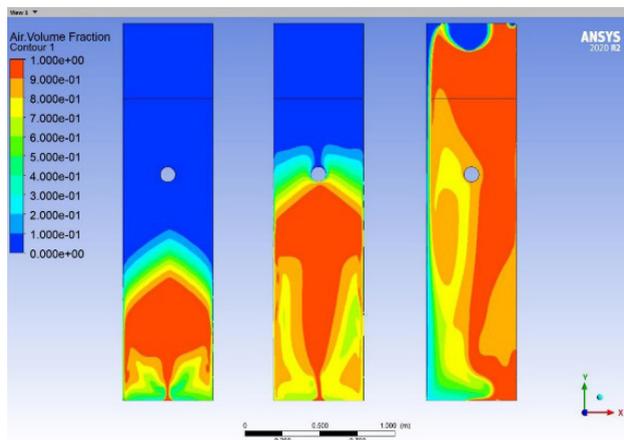


Рис. 2. Поле газосодержания для варианта скорости воздуха 0,5 м/с

Распределение содержания газа в радиальном направлении в четырех положениях сечения центральной оси при скоростях газа 0,1, 0,3 и 0,5 м/с показано на рис. 3, из которого видно, что при меньших скоростях газа (0,1, 0,3 м/с) боковое распределение содержания газа оказывается смещенным в одну сторону из-за влияния цилиндрического препятствия. При более высоких скоростях газа (0,5 м/с) боковое распределение содержания газа выглядит бессистемным, что объясняется более интенсивной диффузией популяции пузырьков. При большей скорости газа, вследствие диффузии пузырьков, газ, поступающий в аэротенк снизу, поднимается вверх, поперечное распределение постепенно становится шире, а площадь контакта между газом и жидкостью расширяется. Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что увеличение скорости газа может сделать боковое распределение скорости содержания газа более широким, поэтому зона растворения кислорода становится больше. За счет цилиндрического препятствия пузырьки собираются и увеличиваются и газ медленней выходит из аэротенка. Это позволяет более эффективно использовать кислород.

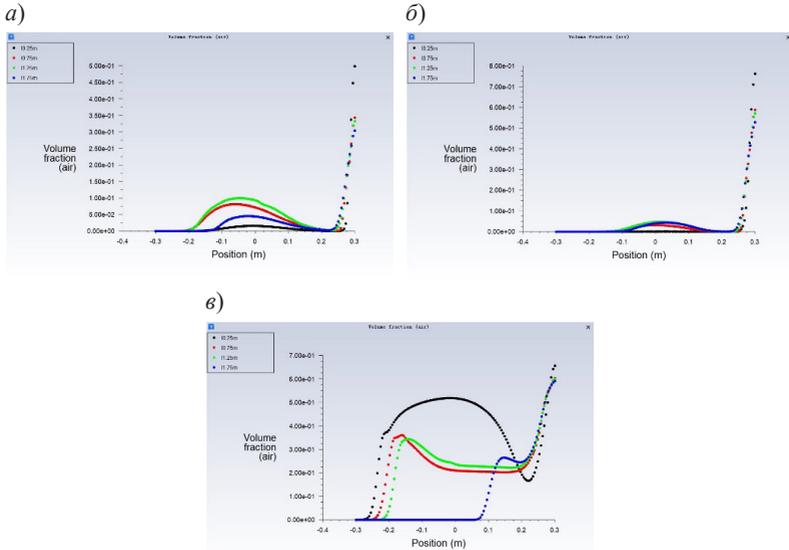


Рис. 3. Графики газосодержания в азэротенке для различных скоростей потока на входе: *a* – 0,1 м/с; *б* – 0,3 м/с; *в* – 0,5 м/с

## 2.2. Распределение скорости жидкости в азэротенке

Скорость циркуляции жидкости является важным параметром при проектировании азэротенка. Скорость влияет на удержание газа, скорость переноса кислорода и степень смешивания газа с жидкостью. На рис. 4 показано векторное поле мгновенной скорости жидкости во времени в азэротенке при скорости газа 0,5 м/с. Как видно из рис. 4, скорости жидкости и газа в азэротенке одновременно увеличиваются с течением времени и образуют вихрь вокруг цилиндрического препятствия.

На рис. 5, скорость жидкости минимальна в центре азэротенка, а максимальное значение скорости жидкости находится вне центра из-за цилиндрического препятствия, установленного над центром резервуара. Однако в пристенной области с обеих сторон скорость жидкости увеличивается, что способствует образованию

большого вихря вокруг цилиндрического препятствия. Как видно из рис. 5, более высокая скорость газа может ускорить скорость циркуляции жидкости в аэротенке, увеличить степень смешивания газа и жидкости, ускорить равномерное распределение растворенного кислорода в аэротенке и облегчить перенос кислорода и другие процессы массопереноса, тем самым повышая эффективность обработки в аэротенке.

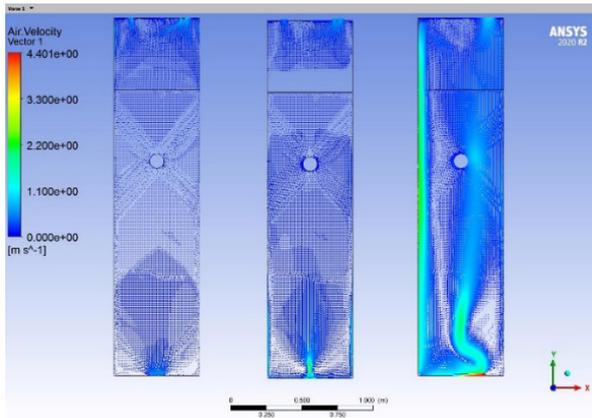


Рис. 4. Векторное поле скорости жидкости в аэротенке

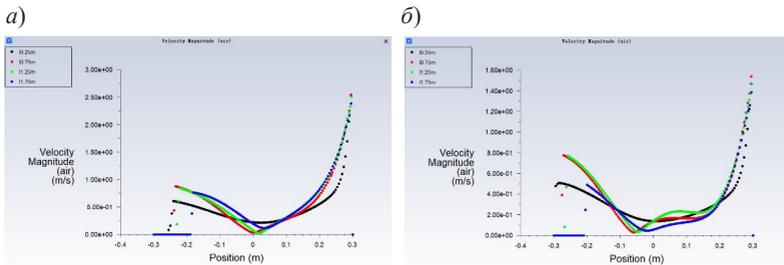


Рис. 5, начало. Графики распределения скорости в аэротенке для различных скоростей потока на входе: а – 0,1 м/с; б – 0,3 м/с

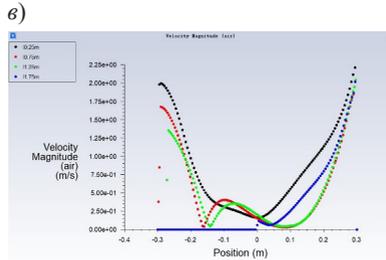


Рис. 5, окончание. Графики распределения скорости в аэротенке для различных скоростей потока на входе:  $v = 0,5$  м/с

### 3. Заключение

В аэротенке с цилиндрической преградой пузырьки не собираются и не увеличиваются в размерах из-за повышенной скорости аэрации, газ медленней выходит из аэротенка. По мере увеличения скорости аэрации вокруг цилиндрического препятствия образуется большой вихрь. Это ускоряет равномерное распределение растворенного кислорода в аэротенке и тем самым повышает эффективность очистки в аэротенке.

### Литература

1. Baawain M. S, El-din M. G, Smith D. W. Characterizing two inclined circular water jets plunging into an aeration tank // International journal of multiphase flow. 2012 Vol. 40. P. 158–165.
2. Feng W., Wen J., Fan J., Yuan Q., Jia X., Sun Y. Local hydrodynamics of gas-liquid-nanoparticles three-phase fluidization // Chemical engineering science. 2005. Vol. 60 (24). P. 6887–6898.
3. Rafique M., Chen P., Dudukovic M. P. Computational modeling of gas – liquid now in bubble columns // Chemical Engineering. 2006. Vol. 20 (3/4). P. 225–375.
4. Zhou L. X., Yang M., Lian C. Y., Fan L. S., Lee D. J. On the second-order moment turbulence model for simulating a bubble column // Chemical engineering science. 2002. Vol. 57. P. 3269–3281.

**УДК 628.2**

Мадина Муратовна Дуйишембекова,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: mduishembekova@mail.ru

Madina Muratovna Duishembekova,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: mduishembekova@mail.ru

## **ОБЗОР ОСНОВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В НОВЫХ ВЕРСИЯХ AUTODESK CIVIL 3D**

### **OVERVIEW OF MAIN CHANGES IN NEW VERSIONS OF AUTODESK CIVIL 3D**

Главными преимуществами Autodesk Civil 3D являются: базирование на платформе AutoCAD; технология BIM-моделирования; 3D-визуализация. С каждым годом данное программное обеспечение обновляется и совершенствуется. Начиная с версии 2014 года в Autodesk Civil 3D появился российский каталог труб и колодцев. Данный каталог включает в себя напорные трубы и фитинги. В данной статье мы рассмотрим основные обновления Autodesk Civil 3D версии 2021 года.

*Ключевые слова:* проектирование, инженерные сети, программа.

The main advantages of Autodesk Civil 3D are: based on the AutoCAD platform; BIM modeling technology; 3D visualization. Every year this software is updated and improved. Starting with version 2014, the Russian catalog of pipes and manholes appeared in Autodesk Civil 3D. This catalog includes pressure pipes and fittings. In this article, we'll cover the major updates to Autodesk Civil 3D 2021 release.

*Keywords:* design, network engineering, program.

В Российской Федерации использование напорных трубопроводных сетей в Civil 3D не так распространено, большинство проектировщиков использует инструмент «безнапорные трубопроводные сети». Но при рассмотрении нововведений и улучшений Autodesk Civil 3D версии 2021 года по части напорных сетей, ситуация может измениться. Обзор основных изменений в новых версиях:

1. Оптимизация и улучшения интерфейса программ и облачного взаимодействия.

2. Работа с характерными линиями.
3. Обновления инструментария «напорных сетей».

Рассмотрим подробнее каждый из пунктов.

Начнём с пункта № 1, так как интерфейс программы – это то, что встречает нас в первую очередь.

В Autodesk Civil 3D 2021 появилась возможность видеть больше информации о каждом чертеже, его статусе и возможности взаимодействия в момент просмотра стартового экрана. Также теперь можно видеть общий вид чертежа, а не только его название.

Улучшена возможность работы с шаблонами, которые располагаются в облаке.

Быстродействие Desktop Connector было улучшено для более продуктивной работы больших команд, которые работают над инфраструктурными проектами.

Продолжим обновленными возможностями работы с характерными линиями.

Обновления в Civil 3D 2021 предоставляет пользователям расширенный контроль над характерными линиями и возможностями профилирования. При использовании коридоров, созданных с помощью характерных линий, стало возможно задавать им уклон в соответствии с другими характерными линиями. Команда «задать уклон/откос вдоль характерных линий» также позволяет быстро решать проектные задачи. В момент выделения характерных линий, смежные характерные линии и их вершины будут подсвечены. Задав первоначальную точку и ее отметку, можно задать необходимый уклон всей траектории проектной линии. Все редактируемые точки будут дополнительно подсвечены.

При работе с пересекающимися характерными линиями на одной площадке, пользователи могут использовать инструмент «вставить точки в местах пересечения». Возможно указать вершину или промежуточную отметку. Эти элементы будут видны в «редакторе отметок». При изменении главной характерной линии, второстепенная линия так же изменится. Эти новые функции обеспечивают

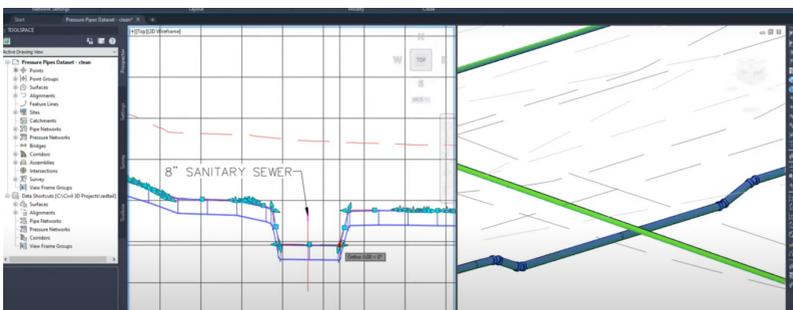
проектировщикам большой контроль и точность при работе с характерными линиями.

С 2021 версии Autodesk Civil 3D пользователи получили расширенные возможности по работе с напорными сетями.

Одно из новых функций Civil 3D 2021 – добавление компаса, который позволяет привязываться к определенным углам, при прокладке напорных трубопроводных сетей.

Новая функция для напорных труб – это возможность привязки к трубе в существующей сети при создании нового участка. В этом месте автоматически подбирается необходимый тройник.

Появилась возможность добавлять точки вертикальной геометрии на виде профиля напорной сети в качестве изгибов. Это позволяет пользователю быстро создавать понижения при решении проектных конфликтов между сетями. В данном случае мы решаем проблему пересечения между канализации и водопровода (см. рис).



Проверка пересечений инженерных сетей в Civil 3D

После мы также можем переместить изгибы в другое место, если это необходимо. Изгибы будут динамически обновляться до правильного угла автоматически. Элементы могут быть удалены также быстро, как они были созданы или отредактированы. Это дает пользователю большую гибкость при проектировании сетей. Еще одной новой функцией для напорных труб в Civil 3D 2021 яв-

ляется возможность определения статического или динамического диапазона для труб на виде профиля. Для решения сложных проектных задач, которые требуют учитывать несколько правил прокладки сети теперь можно зафиксировать уровень заглубления отдельных участков.

На виде профиля напорной сети прямую трубу можно изогнуть. Изогнутую выпрямить. Это позволяет работать с проектными данными проще и быстрее.

Встроенные в Autodesk Civil 3D средства расчетов, проектирования и визуализации помогают рассматривать альтернативные сценарии на ранних этапах проекта и обмен идеями, благодаря передовым инструментам 3D визуализации.

### Литература

1. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы II Междунар. науч.-практич. конф. [15–17 мая 2019 г.]; СПбГАСУ. СПб, 2019. 274 с.
2. Проектирование объектов инфраструктуры и дорог: AutoCAD Civil 3D. Официальный учебный курс + CD. – М: ДМК Пресс, 2010. 560 с.
3. Современные программные комплексы в инженерной практике: Методические указания к лабораторным и самостоятельным работам по курсам «Информатика», «Вычислительная математика», «Математическое моделирование», «Теория принятия решений», «Численные методы», «Прикладная математика». Ч. 1 / Сост.: Ф. Г. Ахмадиев, Ф. Г. Габбасов, И. В. Маланичев. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2014. 47 с.

УДК 628.3

*Александра Анатольевна Петрова,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: sasha\_petrova\_98@mail.ru*

*Alexandra Anatolevna Petrova,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sasha\_petrova\_98@mail.ru*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

### **FACTORS OF DISCHARGE OF PURIFIED WASTEWATER INTO THE SOURCE**

Метод конечных элементов (МКЭ) используется для решения инженерных задач по механике жидкости и газа, статике и динамике потоков, а также позволяет анализировать степень распространения загрязнений в источнике. МКЭ использует разбиение модели на мелкие части, или конечные элементы. Данный процесс создается с помощью сетки, размер которой может корректироваться пользователем в зависимости от необходимости получения более точного результата в той или иной области. В данной статье рассмотрены наиболее популярные программные комплексы для осуществления расчетов, позволяющих сэкономить время и затраты при анализе качества очищенной воды, выпускаемой в источник.

*Ключевые слова:* метод конечных элементов, программный комплекс, инженерная задача, качество воды, визуализация решения.

The finite element method (FEM) is used to solve engineering problems in fluid mechanics, statics and dynamics of flows, as well as to analyze the degree of contamination in the source. The FEM uses splitting the model into small parts, or finite elements. This process is created using a grid, the size of which can be adjusted by the user depending on the need to obtain a more accurate result in a particular area. This article discusses the most popular software packages for making calculations that save time and costs when analyzing the quality of purified water released into the source.

*Keywords:* finite element method, software package, engineering problem, water quality, visualization of the solution.

Современный подход к проектированию выпусков и прогнозированию качества выпускаемых в источник очищенных стоков состоит не только из аналитического решения, но и компьютерного математического моделирования. Данный способ позволяет сократить ресурсы на экспериментальную реализацию процессов, происходящих в водном источнике. Процесс решения включает в себя конечно-элементный анализ, позволяющий рассматривать линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные пространственные задачи механики жидкости и газа. Программы позволяют детально изучить процессы изнутри, повысить эффективность, увеличить срок службы объекта и оптимизировать работу выпуска [1].

К данным программным комплексам можно отнести Ansys CFX, Autodesk CFD, SolidWorks Flow Simulation. Приведенные выше программы позволяют моделировать потоки жидкости и газа для вычисления различных характеристик: температуры, скорости потока, давления, скорости осаждения частиц и отображать траекторию движения частиц в потоке. Кроме того, программы можно интегрировать непосредственно в одну из распространенных САПР (Inventor, Revit, PTC Creo и пр.) [2]. САПР (система автоматизированного проектирования) – это система, позволяющая интегрировать информационные технологии для проектирования и упростить автоматизацию процесса посредством технических и программных средств.

Основные этапы расчета какой-либо модели состоят из следующих шагов: построение геометрии, создание областей потоков жидкостей или газов и задание имен граничным областям, установка параметров сетки и входных значений. При проведении расчета пользователь имеет возможность отсортировать показатели, по которым необходимо получить результат.

Геометрию модели можно создавать в пакете Autodesk AutoCAD, используя привычные инструменты 2D и 3D пространства.

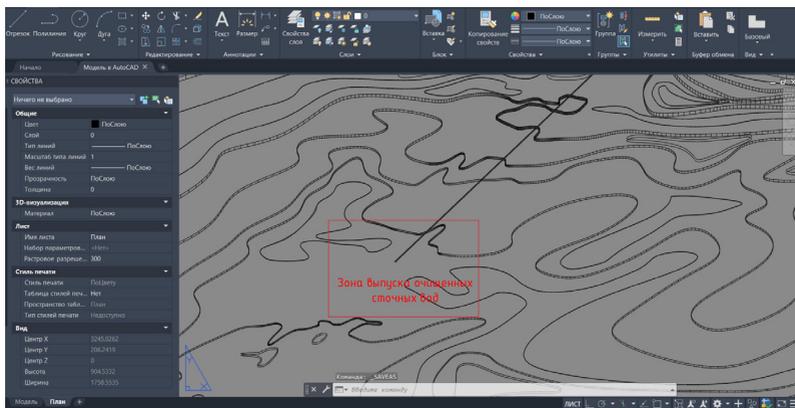


Рис. 1. Построение геометрии модели в Autodesk AutoCAD

Для наглядной оценки результата вычислений реализованы инструменты построения изоповерхностей. Изоповерхность – это поверхность, образованная из точек, имеющих постоянное значение исследуемой величины [2]. При расчете модели изоповерхности подсвечиваются различными цветами, что позволяет оценить значения величин необходимых параметров.

Также в программных комплексах есть возможность моделирования свободного течения жидкостей, которое позволяет произвести расчет распространения очищенных сточных вод в источнике, учитывая конфигурацию дна, режим течения и иные параметры водотока, заданные пользователем. При этом есть возможность задать массу частиц и проанализировать процесс осаждения с учетом гравитации, что позволяет получить результат, максимально приближенный к результатам натурных исследований. Данный расчет можно проанализировать с помощью цветных трехмерных кривых.

Основное преимущество расчетных программ – наличие нескольких сценариев выполнения расчета с заменой некоторых параметров и исходных данных. На распределение очищенных сточных вод в водоеме влияют ветровые и подводные течения, которые

должны быть смоделированы отдельно друг от друга. Сравнение полученных результатов разных сценариев дает более полную картину распространения загрязнений, следовательно, возможность точной оценки мест их накопления. В программах также существует генератор отчетов, включающий в себя исходные данные задачи, применяемые материалы и среды, параметры сетки. В отчеты также можно включать данные о настройках системы и решателей [3].

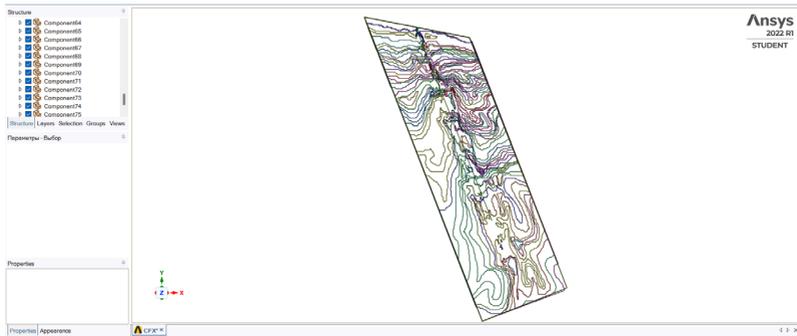


Рис. 2. Отображение модели геометрии в пространстве Ansys SFX

Таким образом, использование информационного моделирования при помощи конечно-элементного анализа в программных комплексах на этапе проектирования дает возможность предусмотреть необходимые конструктивные элементы выпуска, подходящего под конкретный режим течения, предположить зоны накопления загрязнений, оценить влияние очищенных сточных вод на источник. Кроме того, использование данных программ является необходимым условием полноценного внедрения ВМ-технологий в строительстве.

## Литература

1. Ansys CFX. URL: <https://cae-expert.ru/product/ansys-cfx> (дата обращения: 20.04.2022).

2. Autodesk CFD. URL: <https://www.pointcad.ru/product/autodesk-simulation-cfd/funkczional-autodesk-cfd> (дата обращения: 21.04.2022).

3. SolidWorks Flow Simulation. URL: <https://www.solidworks.com/ru/product/solidworks-flow-simulation> (дата обращения: 24.04.2022).

4. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Введ. 01.07.2021. М.: Стандартиформ, 2021. 195 с.

УДК 628.3

*Александра Анатольевна Петрова,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: sasha\_petrova\_98@mail.ru*

*Alexandra Anatolevna Petrova,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: sasha\_petrova\_98@mail.ru*

## **ФАКТОРЫ СБРОСА ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ИСТОЧНИК**

### **FACTORS OF DISCHARGE OF PURIFIED WASTEWATER INTO THE SOURCE**

Использование водных ресурсов – один из важнейших факторов поддержания стабильной деятельности человека. Потребность в воде обуславливает необходимость восполнения и преумножения водных ресурсов, а также улучшение качества отработанных стоков путем инженерного воспроизводства. Контроль за качеством сбрасываемых в источник вод является определяющим фактором сохранения экосистемы региона. В данной статье рассмотрены понятия, используемые для определения степени смешения очищенных стоков с водами источника, а также гидравлические зависимости, влияющие на анализ корректного размещения выпуска в водоеме, приведены условия, при которых необходим индивидуальный подход к прогнозу качества воды.

*Ключевые слова:* сточные воды, загрязняющие вещества, выпуск, точка сброса, створ.

The use of water resources is one of the most important factors for maintaining stable human activity. The need for water determines the need to replenish and increase water resources, as well as improved quality of wastewater by engineering reproduction. Control over the quality of water discharged into the source is the determining factor in the conservation of the region's ecosystem. This article discusses the concepts used to determine the degree of mixing of purified wastewater with the waters of the source, as well as hydraulic dependences affecting the analysis of the correct placement of the release in the reservoir, are given conditions under which an individual approach to the water quality forecast is necessary.

*Keywords:* wastewater, pollutants, release, reset point, targeting.

Процесс водопользования связан с забором воды из источника для нужд населения, предприятий или для сельского хозяйства.

Выделяют два основных принципа: безвозвратный забор воды и с возвратом воды в источник. Последний, как правило, подразумевает под собой ухудшение качества исходной воды, следовательно, выпуск ее в источник без должной очистки невозможен. Данное требование регулируется Водным кодексом РФ, законом Российской Федерации от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей природной среды», СанПиНом 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» и иными актами, устанавливающими требования к качеству выпускаемой воды в источник.

Попадание в воду большого числа чуждых водной экосистеме веществ и материалов способно привести к загрязнению и последующему истощению источника. Загрязнителями чаще всего выступают не растворяющиеся в воде или распределенные в воде в твердой фазе взвеси, тяжелые металлы, глинистые частицы, которые приводят к высокой мутности.

Контроль качества воды осуществляется по таким показателям, как нормативы допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ, предельно допустимая концентрация (ПДК) вещества в воде, лимитирующий признак вредности в воде (ЛПВ) и предельно допустимый сброс в водный объект (ПДС) веществ и микроорганизмов. Одним из определяющих факторов возможности выпуска очищенных сточных вод в источник является кратность разбавления, которая описывает процесс снижения концентраций загрязняющих веществ в водоемах и водотоках, осуществляющихся за счет перемешивания сточных вод с окружающей водной средой. [1] Процессы, изменяющие характер поступающих в водные объекты веществ, называются процессами самоочищения.

Совокупность разбавления и самоочищения дает обезвреживающую способность водоема.

Кратность разбавления сточных вод определяется двумя способами: соотношением суммы расхода очищенных сточных вод и расхода водной среды к расходу окружающей водной системы, а также через соотношение концентраций загрязняющего вещества к концентрациям в процессе массообмена между природными стоками и сточной водой.

При использовании второй зависимости необходимо определить створ с фоновой концентрацией, располагающийся выше по течению на расстоянии 500 м от выпуска. Фоновая концентрация показывает свойственное данному водоему содержание примесей. Она формируется из условия происхождения природных процессов в водоеме и антропогенного воздействия на водную среду. В точке выпуска определяется концентрация загрязняющего вещества в очищенных или неочищенных сточных водах. Также определяется контрольный створ на отдалении 500 м от выпуска, где берется проба смешанных природных стоков со сточной водой. [2]

Также процесс смешения зависит от типа выпуска. Выделяют две основных конструкции: береговой и русловой. В зависимости от этого в расчет вводится коэффициент  $\xi$ , учитывающий местоположение выпуска в начальном створе. При береговом сбросе данный коэффициент принимают за 1, при русловом – 1,5. Данный коэффициент указывает на качество смешения жидкостей за счет турбулентности течения, а также объема жидкости вблизи выпуска. [2]

Немаловажным фактором в выборе типа выпуска является извилистость русла реки. Под извилистостью понимают расстояние между рассматриваемыми створами водотока по фарватеру к расстоянию по прямой. В местах изгибов создаются повышенные скорости течения, что вызывает интенсификацию диффузии за счет турбулентности потока.

Для определения данных зависимостей разработано множество методик расчета, основанных на типе воды в водоеме,

шероховатости речного русла, характере течения, высоты столба жидкости в месте выпуска. Однако существуют случаи индивидуального подхода к прогнозу качества воды. Такие случаи характеризуются регулярным попеременным ветровым течением в водоеме, не позволяющим создать постоянное диктующее течение, беспокойной линией берега или выпуском в заливную или мысовую часть водоема. При наличии данных факторов проводят натурные исследования с фиксацией концентраций, разрабатывают уменьшенные модели объектов для проведения исследований по распространению индикаторных веществ, проводят расчеты на математических моделях на основе экспериментального опыта или создают виртуальные модели в программных комплексах конечно-элементного анализа с учетом подробной топографической геометрии.

Таким образом, мониторинг качества сброса очищенных сточных вод в источник обязан производиться как на стадии проектирования, так и в период эксплуатации выпуска. При этом важно отметить, что расчет выпуска при определенных условиях может производиться не только посредством математических зависимостей, но и в программных комплексах, нацеленных на получение результатов, приближенных к фактическим условиям распределения очищенных стоков в водоеме.

### **Литература**

1. Р 52.24.755-2011. Методы прогнозирования изменения содержания загрязняющих веществ в водных объектах во времени по результатам систематических гидрохимических наблюдений. Введ. 25.05.2011. Ростов н/Д.: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2011. 98 с.
2. Федоров С. В., Кудрявцев А. В. Методы прогнозирования качества воды: учебное пособие. СПб.: Лань, 2019. 96 с.
3. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных поме-

щений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. М.: МИНЮСТ РФ, 2021. 75 с.

4. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. М.: Кремль, 2002. 51 с.

**УДК 696.115**

*Лев Андреевич Чичерин,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: chicherin.lev@mail.com*

*Lev Andreevich Chicherin,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: chicherin.lev@mail.com*

## **СРАВНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

### **COMPARISON OF PROGRAMS FOR CALCULATION OF WATER SUPPLY**

В данной статье рассмотрены инструменты расчета водоснабжения. Произведены сравнения различных инструментов расчета. Произведены выводы о удобности различных программ по результатам сравнения. Даны общие рекомендации и примеры использования различных программ для расчета водоснабжения.

*Ключевые слова:* сравнение, расчет, водоснабжение, программы, оптимизация.

This article discusses the tools for calculating water supply. Comparisons of various calculation tools have been made. Conclusions are made about the convenience of various programs based on the results of comparison. General recommendations and examples of the use of various programs for calculating water supply are given.

*Keywords:* comparison, calculation, water supply, programs, optimization.

Современное проектирование систем водоснабжения [1–4] все больше и больше полагается на компьютерные технологии. Сейчас компьютер обладает большими вычислительными мощностями, и проектировщик активно пользуется ими. Множество действий по расчету перенеслись с бумаги и калькуляторов в интерфейсы программ. С каждым днем выходит все больше и больше программ производящих расчет различных компонентов.

Данная статья создана для сравнения основных доступных путей расчета водоснабжения. В этой статье представлены основные

возможности проведения полного расчета систем водоснабжения по действующим стандартам и строительным правилам. Поэтому программы, которые выполняют только часть инженерных расчетов, не будут рассматриваться из-за их многообразия и схожести между друг другом.

Microsoft Excel – Один из самых популярных инструментов расчета и один из самых старых. Зачастую пользователи создают или заимствуют у коллег файл с расчетом. В поля таблиц забиваются исходные данные и в ячейках с формулами производится расчет.

Достоинства:

- Простота использования. Большинство работников владеют стандартным пакетом программ Office. Пользователи могут разобраться без посторонней помощи
- Прозрачность расчета. Так в большинстве случаев формулы записаны в ячейке это позволяет легко проконтролировать правильность расчетов
- Вариативность решений. В Excel может быть спокойно реализован подбор труб или просто расчет параметров из базовых формул с подбором диаметров вручную.
- Программируемость. Возможно создание кнопок и функций
- Доступный формат данных. После расчета данных их сразу можно распечатать и хранить в том же в формате что были посчитаны.
- Скорость работы. Данная программа отличается надежной и стабильной работой.

Недостатки:

- Перенос данных. Необходимость самостоятельно вносить данные в таблицы с чертежей.
- Отсутствие автоматизации в отличии от расчетных программ.
- Ручное редактирование. Требуется персональных трудозатрат по созданию таблиц.
- Отсутствие универсальности. Для каждого нового объекта требуется создавать новую таблицу.

Умная вода [1] – программа для проектирования систем внутреннего водопровода и канализации зданий. Умная вода представлена в нескольких доступных формах: в виде браузерного приложения, приложения для компьютера и модуля экспорта из Revit в приложение для компьютера. На момент публикации статьи программа является платной с бесплатным пробным периодом.

Достоинства:

- Графический редактор. (компьютерное приложение) Позволяет вносить данный графическим путем и визуализировать систему.

- Подбор необходимого оборудования и материалов, и вывод его в спецификацию.

- Расчёты происходят не по таблицам, а по аналитическим формулам, которые наиболее точно описывают физические зависимости (более 200 формул).

- Экспорт из Revit.

- Авто подбор сечений трубопроводов.

- Моделируется зарастание трубопроводов и, как следствие, увеличение потерь напора.

- Балансировка циркуляционных колец. Настройки ручных балансировочных клапанов выводятся в отчёте.

- Подробный отчёт, который можно сохранить на компьютер (в форматах xls или doc).

- Формирование спецификации на основании расчетов.

- Построение аксонометрии.

- Формирование необходимых документов на основании расчетов (Баланс водопотребления и водоотведения, Паспорт системы ГВС, Настройка ручных балансировочных клапанов)

Недостатки:

- Необходимость самостоятельно вносить данные в таблицы и с чертежей.

- Нет обратной связи с чертежом. Все рассчитанные значения требуется самостоятельно вносить обратно на чертеж.

- Средняя сложность в освоении программы.

- Перенос данных. Могут возникать проблемы с переносом данных из Revit.

Audytor H2O [2] – является одним из трех модулей, входящих в состав программы Audytor SET. Это программа для проектирования систем холодного и горячего водоснабжения, а также циркуляции. Программа выполняет расчеты согласно «СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\* (с Поправкой)». На момент Публикации статьи программа является платной с бесплатным пробным периодом для систем отопления.

Достоинства:

- Встроенный графический редактор. В программе доступно создание планов, аксонометрий и план-схем.

- Производится балансировка циркуляционных колец (согласование потерь напора в различных циркуляционных кольцах). Настройки ручных балансировочных клапанов выводятся в отчете.

- Подробный отчет, который можно сохранить на компьютер в формате xls.

- Подбор необходимого оборудования и материалов, и вывод его в спецификацию.

- Авто подбор сечений трубопроводов.

- Большая база доступного оборудования.

- Вывод чертежей, созданных в программе. Аксонометрии, планы и план-схемы можно распечатать и использовать как чертежи.

- Экспорт и импорт данных из Revit. Позволяет получать трассы водопроводов и приборов. И загружать обратно в Revit данные расчетов для оформления чертежей на основе расчетных данных.

- Формирование необходимых документов на основании расчетов (Баланс водопотребления и водоотведения, Паспорт системы ГВС, Настройка ручных балансировочных клапанов)

Недостатки:

- Перенос данных. Могут возникать проблемы с переносом данных из Revit.

- Средняя сложность в освоении программы.

MagiCAD [3] – это передовое решение для информационного моделирования внутренних инженерных систем зданий, которое широко используется в более, чем 80 странах мира. С 2020 года в программе появился расчет инженерных систем по Российским нормам. Программа является дополнением к AutoCAD, которая значительно расширяет его возможности по автоматизации проектируемых систем.

Достоинства:

- Полноценная программа для проектирования всех инженерных сетей. Объединяет специалистов разных специальностей в одной программе что упрощает координацию между проектами разных систем.

- Производится балансировка циркуляционных колец (согласование потерь напора в различных циркуляционных кольцах). Настройки ручных балансировочных клапанов выводятся в отчете.

- Составление отчетов и экспорт этих отчетов в формат xls.
- Подбор необходимого оборудования и материалов, и вывод его в спецификацию.
- Авто подбор сечений трубопроводов.
- Большая база доступного оборудования.
- Вывод чертежей, созданных в программе. Аксонометрии, планы и план-схемы можно распечатать и использовать как чертежи.
- Использование единственной программы для расчета и отрисовки инженерных систем

Недостатки:

- Сложна в освоении. Чтобы начать пользоваться программой необходимо пройти обучение.
- С увеличением размера проекта значительно замедляет работу компьютера.

LiNear Analyse [4] – подгружаемый модуль Revit для расчета инженерных систем. Данный модуль устанавливается как дополнение к программе Revit.

Достоинства:

- Интегрированность в Revit. Позволяет сразу перейти к расчету на модели и избавляет пользователя от заполнения данных в различных программах.
- Производится балансировка циркуляционных колец (согласование потерь напора в различных циркуляционных кольцах). Настройки ручных балансировочных клапанов выводятся в отчете.
- Составление отчетов и экспорт этих отчетов в формат xls.
- Подбор необходимого оборудования и материалов, и вывод его в спецификацию.
- Авто подбор сечений трубопроводов.

Недостатки:

- Ограничения по выбору оборудования. Не все оборудование представлено семействами, которые можно загрузить в Revit.
- Средняя сложность в освоении программы.

Так же для выбора программы необходимо учитывать финансовую составляющую вопроса. Ниже приведены цены на программное обеспечение на текущий момент.

**Стоимость программ для расчета**

	Умная вода	Audytor H2O	MagiCAD	liNear Analyse
1 год использования	20 т. р.	64 т. р.	350 т. р.	133 т. р.
Скидки* Разброс цен на продукт**	10 т. р.*	32–64 т. р.**	200–400 т. р.**	56–192 т. р.**

Выбор конкретной программы для расчета зависит от строительной организации и уже от того, что уже используется для изготовления документации. Если проектная организация использует

AutoCAD для своих проектов, то выбор программы для расчета будет предпочтителен в сторону MagiCAD, Audytor или Умная вода.

Если организация уже использует уже Revit то, следует выбирать между LiNear, Audytor и Умная вода.

В случае с LiNear вся деятельность инженера будет происходить в одной программе, что может значительно сэкономить время на разработку проекта. Но высокая цена продукта делает его доступным только для крупных фирм, где уже используется Revit.

Так же остается привлекательной программа Auditor, которая поддерживает импорт и экспорт из Revit. Что также делает эту программу хорошим решением для BIM проектирования и средняя цена относительно конкурентных программ. Скорее всего в этой программе будут заинтересованы как крупные проектные компании, так и среднего и малого размера.

Использование MagiCAD позволяет вести расчет и проектирование в одной программе и все это на базе AutoCAD. По сравнению с Revit MagiCAD более дешевый и менее удобный в пользовании, что делает его привлекательным для всех размеров проектных организаций.

Умная вода – самая дешевая программа для расчета систем водоснабжения. Данная программа, несомненно, привлекательна для малых и средних проектных организаций. Но обладающая меньшими возможностями чем остальные программы. Умная вода позволит малым организациям при небольших затратах оптимизировать и улучшить процесс проектирования.

## **Литература**

1. УМНАЯ ВОДА – программа для проектирования систем внутреннего водопровода и канализации зданий. URL <https://smartwater.su/> (дата обращения: 10.04.2022).
2. Audytor H2O – является одним из трех модулей, входящих в состав программы Audytor SET. URL <http://ru.sankom.net/programs/audytor-h2o> (дата обращения: 10.04.2022).
3. LiNear Analyse – Расчёт трубопроводных и вентиляционных систем. URL <https://www.linear.eu/ru/продукты/#c39194> (дата обращения: 10.04.2022).

4. MagiCAD для AutoCAD и Revit – это передовое решение для информационного моделирования внутренних инженерных систем зданий URL <https://www.magicad.com/ru> (дата обращения: 10.04.2022).

5. Бардадым В. Ю. Преимущества и недостатки программы MagiCAD как надстройки AutoCAD // ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА. 2019. № 12/2019.

УДК 628.21

Екатерина Сергеевна Гонтарь,

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: [kategontar99@mail.ru](mailto:kategontar99@mail.ru)

Ekaterina Sergeevna Gontar,

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: [kategontar99@mail.ru](mailto:kategontar99@mail.ru)

## АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ВОДООТВОДА С КРОВЛИ

### ANALYSIS OF MODELS OF THE INTERNAL DRAINAGE SYSTEM FROM THE ROOF

В статье исследовано моделирование самотечной и вакуумной систем внутреннего водоотведения с кровли при помощи программного обеспечения ANSYS. Также проведен сравнительный анализ данных систем. За основу построения геометрии стандартной системы была выбрана кровельная воронка SitaTrendy с фланцем, с надставным элементом SitaTrendy с соединительным фартуком и листвоуловителем, диаметр стояка  $D = 100$  мм. Для построения математической модели гравитационно-вакуумной системы – воронка SitaDSS Profi с соединительным фартуком, с надставным элементом SitaDSS Profi с соединительным фартуком, с элементом Airstop и листвоуловителем, диаметр стояка  $D = 50$  мм. Процесс протекания жидкости для вакуумной системы основывается на исследовании интеллектуальной системы внутреннего водостока Geberit Pluvia. Конструкция воронок подробно описана в статье сборника материалов межвузовской научно-практической конференции «Современные проблемы водоснабжения и водоотведения».

*Ключевые слова:* гравитационно-вакуумная система, сифонно-вакуумная система, самотечная (стандартная) система, воронки, водоотвод, сифон, моделирование, ANSYS, Geberit Pluvia.

The article investigates the modeling of gravity and vacuum systems for internal drainage from the roof using the ANSYS software. A comparative analysis of these systems was also carried out. The standard system geometry was based on the SitaTrendy roof outlet with a flange, with a SitaTrendy extension with a connecting apron and a leaf catcher, riser diameter  $D_y = 100$  mm. To build a mathematical model of the gravity-vacuum system – a SitaDSS Profi funnel with a connecting apron, with a SitaDSS Profi extension element with a connecting apron, with an Airstop element and a leaf catcher, riser diameter  $D_y = 50$  mm. The fluid flow pro-

cess for the vacuum system is based on research into the intelligent Geberit Pluvia internal drainage system. The design of funnels is described in detail in the article of the collection of materials of the interuniversity scientific-practical conference “Modern problems of water supply and sanitation”.

*Keywords:* gravity-vacuum system, siphon-vacuum system, gravity (standard) system, funnels, drainage, siphon, modeling, ANSYS, Geberit Pluvia.

Самотечный вид водостока – наиболее простой вариант, расчет и монтаж которого выполняется без особого труда. В конструкцию входят следующие элементы: воронки, отводящие трубы, стояки. Самотечная система малопродуктивная, она не справится с расходом воды, который образуется во время ливневых дождей. Достоинством этого решения является низкая цена.

Водосток, работающий по принципу сифона, отличается от самотечной большей производительностью. Сифонная водосточная система полностью заполняется осадками и работает полным сечением. Если в стояке уровень жидкости понижается, то в воронке создается зона разрежения, засасывающая воду с поверхности крыши. Цена установки водостока такого типа выше за счет стоимость специальных воронок со стабилизаторами потока. Чтобы работа была эффективной, следует выполнить расчет, а также подобрать качественный материал. Преимущество этой конструкции в том, что при быстром передвижении воды каждый узел водостока самоочищается, в независимости от того, какой материал использовался [1].

Для наглядного сравнения работы обеих систем были созданы две модели водоотвода при помощи программы ANSYS. Каждая модель представляет собой систему водосборных воронок, стояков и магистрали, принимающей стоки от всех ответвлений.

В первой модели (рис. 1) в качестве водосборного устройства была принята кровельная воронка SitaTrendy с фланцем, с надставным элементом SitaTrendy с соединительным фартуком и листовым ловителем. Отводящий трубопровод и стояк для такой системы предусмотрен диаметром  $D = 100$  мм.

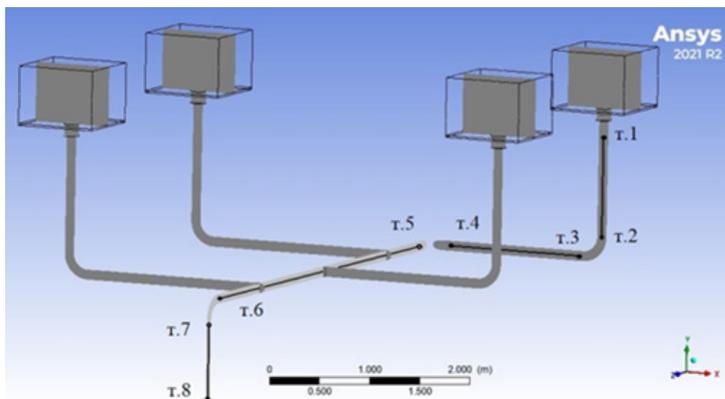


Рис. 1. Модель самотечной системы водоотвода

На графиках (рис. 2, 3) видно, что на участке от т. 1 до т. 2 происходит увеличение давления, на участке от т. 3 до т. 4 наблюдается изменение процесса и ближе к последующим ответвлениям модели давление начинает уменьшаться, на участке от т. 5 до т. 6 в узлах происходят скачки давления и после присоединения последней воронки давление становится отрицательным, а на вертикальном участке от т. 7 до т. 8 давление стабилизируется до значения  $P = 0$  Па. Согласно полученным данным, расход, поступающий в 4 воронки составляет  $0,18 \text{ м}^3/\text{с}$ , однако труба в данном случае работает неполным сечением и отводится не весь объем стока, исходя из начальных граничных условий по времени [2]. При этом в самой отдаленной от точки сброса воронке наблюдается небольшой уровень подтопления.

Во второй модели (рис. 4) гравитационно-вакуумной системы принята воронка SitaDSS Profi с соединительным фартуком, с надставным элементом SitaDSS Profi с соединительным фартуком, с элементом Airstop и листвоуловителем [3]. При этом диаметр стояка и отводящей магистрали для такой системы принимается  $D = 56 \text{ мм}$ .

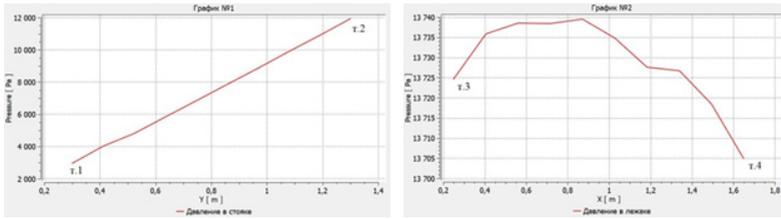


Рис. 2. Графики давления в стояке и на горизонтальном отводе

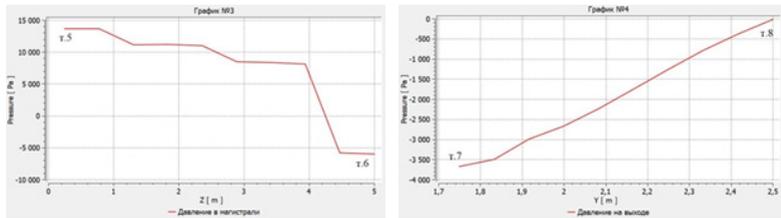


Рис. 3. Графики давления в магистрали и на выходе из трубопровода

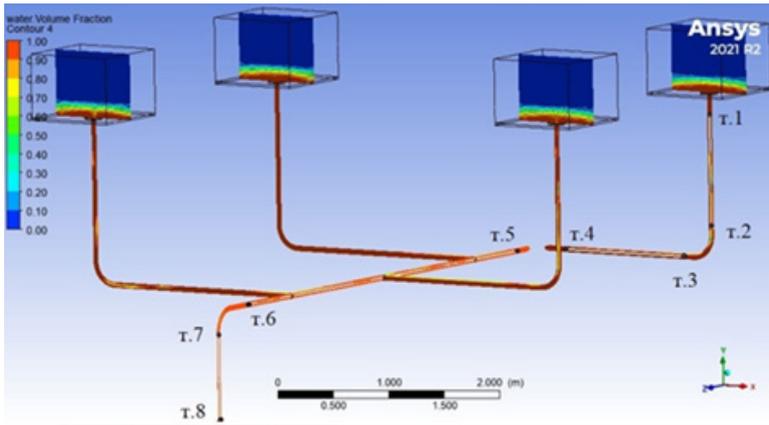


Рис. 4. Модель гравитационно-вакуумной системы водоотвода

Данные графиков этой модели близки по значениям давления первой модели, однако на горизонтальном участке трубы и на выходе видны отличия (рис.5, 6). На участке от т. 3 до т.4 наблюдается резкое уменьшение давления, а на вертикальном участке от т. 7 до т. 8 давление достигает 5кПа и на выходе составляет  $P = 0$  Па. При этом расход (поступающий и отводящий) составляет  $0,18 \text{ м}^3/\text{с}$ , почти полностью удаляется за такой же промежуток времени, как и в модели самотечной системы [4]. Это происходит за счет разрежения, создается вакуум и весь сток без образования подтопления и без нарушения сплошности потока отводится с кровли.

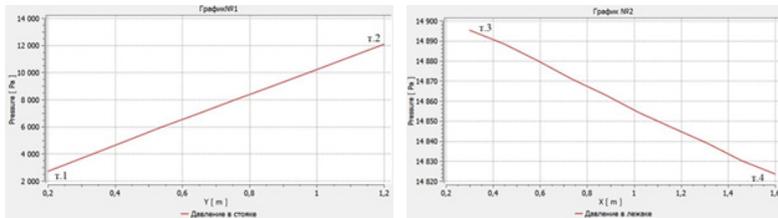


Рис. 5. Графики давления в стояке и на горизонтальном отводе

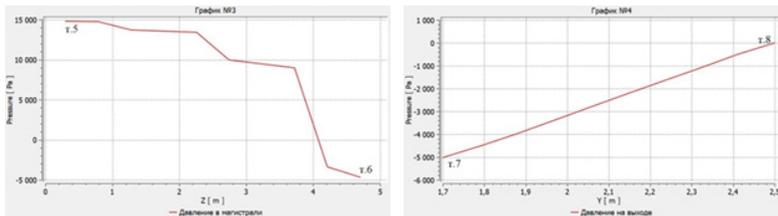


Рис. 6. Графики давления в магистрали и на выходе из трубопровода

Таким образом мы можем сделать вывод, что модель гравитационно-вакуумной системы водоотвода имеет преимущество перед стандартной моделью, так как при её устройстве под действием разрежения, создаваемом в главном стояке, поток воды полным сечением и в полном объеме за определенный промежуток време-

ни отводится из системы водоотвода. Кроме того, в таком случае не возникают подтопления вокруг кровельных воронок и не требуется устройство сети водоотведения большего диаметра.

### **Литература**

1. Яковлев А. К. Гравитационно-вакуумная система внутреннего водостока на основе труб ПНД Geberit Pluvia. Сантехника. 2003. № 6. 225 с.
2. Руководство ANSYS CFX Tutorials. 2010.
3. Каталог продукции Sitaleicht. 2018. URL: [http://ckko.ru/f/sita\\_katalog\\_produktsii\\_2018\\_ru.pdf/](http://ckko.ru/f/sita_katalog_produktsii_2018_ru.pdf/)
4. СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий». 2020. 104 с.

# СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

---

УДК 528.4

*Лидия Николаевна Волкова,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: 89118307770@mail.ru*

*Lidia Nikolaevna Volkova,*

student,

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: 89118307770@mail.ru*

## СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ «ГАРАЖНОЙ АМНИСТИИ»

### EXISTING PROBLEMS IN THE IMPLEMENTATION OF THE GARAGE AMNESTY

На сегодняшний день проводимая государственная реформа в сфере земельно-имущественных отношений, получившая название «гаражная амнистия», более чем актуальна. Это обусловлено тем, что она позволяет владельцам нескольких миллионов гаражей, не имеющих на данный момент правового статуса, оформить свои права на гараж в упрощенном порядке, а также приобрести в собственность земельный участок под ним. В статье раскрывается понятие «гаражной амнистии», рассматриваются предпосылки ее появления, а также анализируются положительные и отрицательные стороны проведения. Особое внимание уделено требованиям, предъявляемым к амнистируемым объектам недвижимости.

*Ключевые слова:* гараж, гаражная амнистия, гаражный кооператив, земельный участок, регистрация прав на имущество, Росреестр.

To date, the ongoing state reform in the field of land and property relations, called the “garage amnesty”, is more than relevant. This is due to the fact that it allows the owners of several million garages that currently do not have legal status to formalize their rights to the garage in a simplified manner, as well as to acquire the land plot under it. The article reveals the concept of “garage amnesty”, examines the prerequisites for its appearance, and analyzes the positive and negative aspects of the implementation. Particular attention is paid to the requirements for amnestied real estate.

*Keywords:* garage, garage amnesty, garage cooperative, land plot, registration of rights to property, Rosreestr.

1 сентября 2021 года в России стартовала «гаражная амнистия». Само название реформы недвусмысленно намекает на допущенные в прошлом нарушения существующих законов, а суть ее состоит в том, чтобы позволить владельцам гаражей не только узаконить свои права на них официально, но и получить земельные участки под ними в личную собственность.

Во времена СССР автомобиль являлся мало кому доступным предметом роскоши, следовательно, и гаражей, как помещений для хранения и ремонта автомобилей и прочих транспортных средств, требовалось немного. Стандартные модели гаражей существовали, но их также нельзя было просто приобрести, поэтому порой гаражи возводили самовольно из подручных материалов; получали, вступая в гаражный кооператив; покупали и продавали по написанным вручную в свободной форме распискам и т.д. Все это стало предпосылкой того, что в российском законодательстве до сих пор нет даже четкого определения понятию объекта недвижимости «гараж». И Росреестр ставил их на учет, как помещения, здания, сооружения, что сегодня становится причиной путаницы и неприятных ситуаций. Это в результате порождает споры о юридически законных основаниях существования миллионов этих объектов недвижимого имущества немалой стоимости, которые в государственных масштабах юридически не существуют, не оцениваются и, как следствие, выпадают из легального оборота недвижимости и не являются объектами налогообложения. Проводимая реформа позволяет урегулировать этот сегмент рынка недвижимости законодательно, а также упрощает процедуру оформления прав собственности на такие объекты.

Причиной появления исторически сложившегося правового вакуума можно считать Градостроительный кодекс Российской Федерации [1], вступивший в силу 30.12.2004, который требовал регистрировать права собственности на недвижимость сразу

после ее постройки, оставив «за кадром» уже существующие гаражи и земельные участки под ними. Таким образом, законодательно в России создалась патовая ситуация: если хочешь оформить в собственность объект капитального строительства – необходимо иметь права на земельный участок под ним, а если хочешь оформить землю – то на объект на ней. У владельцев гаражей все эти годы не было ни того, ни другого, ни способа изменить ситуацию.

Следует заметить, что, при всей давно назревшей необходимости, «гаражная амнистия» в нашей стране не станет уникальной законодательной и экономической инициативой и реформой. В России уже есть положительный опыт проведения подобного: это «дачная амнистия», начавшая действовать с 2006 года, и «лесная амнистия» 2017 года. Кстати, «гаражная амнистия» – это народное название Федерального закона от 05.04.2021 № 79-ФЗ [2], который позволил гражданам России в упрощенном порядке оформлять в собственность индивидуальные гаражи и участки под ними, если права на эту недвижимость до этого не были зарегистрированы. Так что в скором будущем не придется добиваться регистрации права собственности на гараж через суд, сделки их купли-продажи станут открытыми и официальными, а в ЕГРН появятся, наконец-то, сведения об объектах недвижимости, именуемых «гараж».

Но решение столь неоднозначного вопроса не может быть простым и легким, его достоинства и возможные трудности при реализации приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Плюсы и минусы «гаражной амнистии»**

Ожидаемая польза	
1	После получения права собственности у владельцев появятся и прочие права: наследовать, дарить, продавать, страховать и так далее.
2	Гараж не получится снести просто по решению местных властей или за мизерную компенсацию, из-за чего в прошлые годы некоторых мегаполисах разворачивались целые «гаражные войны» и настоящие трагедии.

Ожидаемая польза	
3	Фактический собственник гаража не получит штраф за незаконно возведенную постройку.
4	Будет упрощен подвод коммуникаций, в дальнейшем позволяющих позаботиться об улучшении состояния окружающей среды и экологической безопасности.
5	Выгоду получают и местные бюджеты, куда начнут стекаться финансовые потоки от уплаты налогов за гараж и земельный участок, на котором он расположен.
6	Амнистия позволит решить вопрос со сносом заброшенных гаражей. Получится вернуть земли в оборот, включая планируемую на их месте новую застройку, а где-то хотя бы облагородить и обезопасить территорию, проведя ее реновацию.
Сложности в применении	
1	На практике возможны спорные ситуации вокруг использования понятия «возведенные», закон не дает каких-либо пояснений о гаражах, находившихся в стадии возведения, но не достроенных на 30.12.2004.
2	Еще более сложной представляется ситуация, когда, взамен построенного до 30.12.2004 гаража, например, пришедшего в негодность из-за полного физического износа, его владелец на том же участке впоследствии возвел новый.
3	Следует обратить внимание, что право на применение правил гаражной амнистии законодатель предоставил именно гражданам «использующим» гараж. Но нет разъяснений о необходимости документального подтверждения факта такого использования. К примеру, смогут ли беспрепятственно воспользоваться гаражной амнистией граждане, в чьей собственности или владении на данный момент нет ни одного транспортного средства?
4	Введенные нормы распространяют свое действие также на наследников владельцев гаражей и лиц, впоследствии приобретших от первоначальных владельцев такие гаражи. Законодатель дополнительно не уточняет, что право на амнистию получают только наследники из числа физических лиц. Если данная формулировка так и не будет скорректирована, то этой

Сложности в применении	
4	нормой в этой единственной ситуации допускается распространение правил о гаражной амнистии на владельцев гаражей из числа юридических лиц, а также сами государственные или муниципальные образования, получившие такую собственность в порядке наследования по завещанию от физического лица.
5	Не проясненным является вопрос о возможности применения правил о гаражной амнистии в отношении многоэтажных (многоярусных) и комбинированных гаражей.
6	На практике также вполне возможна ситуация, когда конструктивно два гаража, принадлежащие разным лицам, расположены один над другим. Кто из владельцев в таком случае сможет оформить земельный участок в собственность?
7	В законе содержится достаточно мало разъяснений о порядке и возможности совместного использования права на гаражную амнистию совладельцами или сопользователями.
8	Отсутствуют разъяснения порядка оформления проездов к гаражам, расположенных в гаражных кооперативах эстакад и прочих вспомогательных сооружений, хотя порядок пользования таких проездов и проходов регламентирован как «свободный и без взимания платы».
9	В законе предусматривается возможность регионов по своему усмотрению расширять список необходимых документов, что может существенно усложнить процесс и доступность амнистии.

И пусть тенденция такова, что отдельно стоящие капитальные гаражи, особенно в городах, вскоре станут неактуальны, уйдут в прошлое, что будущее за подземными и многоуровневыми парковками, а также за паркингами в торговых центрах, это явно случится еще не завтра.

В целях разъяснения нововведений в законодательстве Росреестр подготовил несколько методических рекомендаций для собственников, как оформить гараж [3, 4 с. 22–28], как и один из ведущих разработчиков программного обеспечения для всего комплекса

кадастровых работ ТехноКад [5], поэтапно разъясняющих данную процедуру.

Общие требования, обязательное исполнение которых позволяет гражданину бесплатно оформить в собственность его гараж и получить земельный участок под ним, приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Требования к гаражу и земельному участку**

Подлежит амнистии гараж, который:	
1	Возведен до введения в действие Градостроительного кодекса РФ (30.12.2004).
2	Является объектом капитального строительства;
3	Расположен на земельном участке, находящемся в государственной или муниципальной собственности, в случаях, если земельный участок был предоставлен гражданину организацией-работодателем или образован из земельного участка гаражного кооператива и предоставлен по решению общего собрания.
4	Одноэтажный гараж может быть как блокирован общими стенами с другими гаражами в одном ряду (иметь общие с ними крышу, фундамент и коммуникации), так и являться отдельно стоящим объектом капитального строительства.
5	Не должен быть признан в судебном или ином законном порядке самовольной постройкой, подлежащей сносу.
6	Если гараж представляет собой некапитальное строение, то приватизировать земельный участок под ним можно, только если он был образован из участка, ранее предоставленного на праве бессрочного пользования гаражному кооперативу, в котором состоял гражданин, если такое право не прекращено, и кооператив, в свою очередь, выделил ему этот гараж.
7	Если гараж, находящийся на земельном участке, соответствующем всем нижеуказанным требованиям к нему, возведен до 30.12.2004, является объектом капитального строительства и <b>уже находится в собственности</b> гражданина, земельный участок под ним также может быть предоставлен в собственность бесплатно.

«гаражная амнистия» не распространяется на:	
1	гаражи, возведенные после 30.12.2004;
2	некапитальные легкосъемные гаражи, расположенные вне территории гаражных кооперативов, «ракушки», парковочные места;
3	гаражи, признанные самовольными постройками;
4	гаражи в многоквартирных домах и торговых центрах, включая паркинги и подземные гаражи;
5	объекты вспомогательного использования (например, гаражи, пристроенные к жилым и садовым домам, объектам промышленного и коммерческого назначения или имеющие жилые помещения);
6	гаражи, используемые для оказания услуг по ремонту, техническому обслуживанию и мойке транспортных средств;
7	гаражи, предназначенные для хранения техники и оборудования.
Требования к земельному участку	
1	Земельный участок, на котором расположен гараж, должен находиться в государственной или муниципальной собственности.
2	Земельный участок должен быть предоставлен гражданину или передан организацией на законных основаниях, либо право на его использование у него возникло на иных основаниях. Земельный участок должен быть образован из земельного участка, предоставленного гаражному кооперативу или организации, при которой он был организован, и распределен гражданину на основании решения общего собрания членов этого кооператива.
Отказ в регистрации права собственности на земельный участок под гаражом	
1	если он принадлежит не государству, а частному лицу;
2	если он относится к землям особо охраняемых территорий;
3	если он находится в пределах береговой полосы, установленной в соответствии с Водным кодексом РФ;
4	если он находится на землях, изъятых из оборота;

Отказ в регистрации права собственности на земельный участок под гаражом	
5	если он является ограниченным в обороте, такой земельный участок также не предоставляется в частную собственность. Он подлежит предоставлению в аренду с установлением арендной платы не выше размера земельного налога на такой участок.

В законе специально не указан закрытый, исчерпывающий перечень документов, доказывающих легитимность того или иного гаража: это даст возможность владельцам узаконить такое строение, предоставив абсолютно любые имеющиеся на него справки, чеки или выписки. Но в этих документах заявитель обязательно должен быть указан в качестве правообладателя гаража или заказчика работ, либо наследника правообладателя, либо лица, приобретшего гараж у правообладателя, с обязательным предоставлением документов, подтверждающих его передачу новому владельцу.

Также необходимо понимать, что в рамках «гаражной амнистии» земельный участок, занятый гаражом, предоставляется гражданам в собственность бесплатно и государственные пошлины не предусмотрены, однако, если администрацией не планируется проведение комплексных кадастровых работ на данной территории, владельцу гаража придется оплатить работу кадастрового инженера согласно заключенному договору подряда. И помнить, что после получения долгожданных документов с приобретенными правами владеть и распоряжаться новым имуществом, страховать его, брать на него кредит, легально сдавать, вписать в завещание или дарственную, гражданин получает и обязанность платить за него налоги.

### Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2021). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/) (дата обращения: 16.03.2021).

2. Федеральный закон от 05.04.2021 № 79-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_381391/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_381391/) (дата обращения: 16.03.2021).

3. Кислицына Н. А. Гаражная амнистия / Н. А. Кислицына // Актуальные вопросы в сфере земли и недвижимости. 2021. С. 22–28. URL: <https://sroboki.ru/m/35374/> (дата обращения: 16.03.2021).

4. Как оформить гараж? Методические рекомендации о реализации «гаражной амнистии» / Росреестр. 2021. 31 с. URL: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/press/%D0%93%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%82\\_%D0%B8%D1%8F\\_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B0.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/press/%D0%93%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%82_%D0%B8%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B0.pdf) (дата обращения: 16.03.2021).

5. «Гаражная амнистия»: о порядке оформления прав на гаражи и земельные участки под ними / ТехноКад // Дайджест кадастрового инженера. – 2021. – № 11. – С. 15–17. URL: <https://study.technokad.ru/3176355/> (дата обращения: 16.03.2021).

УДК 629.73-519:528.46

*Анна Георгиевна Бирулина,*  
аспирант

*Лилия Наримановна Чилингер,*  
канд. техн. наук, ст. преподаватель  
(Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет)

*E-mail: agbirulina@yandex.ru,*  
*lilichilinger@gmail.com*

*Anna Georgievna Birulina,*  
postgraduate student

*Liliya Narimanovna Chilinger,*  
PhD in Sci. Tech., senior lecturer  
(National Research

Tomsk Polytechnic University)  
*E-mail: agbirulina@yandex.ru,*  
*lilichilinger@gmail.com*

**БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ:  
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ  
ДЛЯ МЕРОПРИЯТИЙ МУНИЦИПАЛЬНОГО  
ЗЕМЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ**

**UNMANNED AERIAL VEHICLES: EXPERIENCE  
IN APPLYING TECHNOLOGIES FOR MUNICIPAL LAND  
CONTROL MEASURES**

Развитие беспилотных технологий находит все большее применение в жизни общества и государства. Востребованность и актуальность применения таких технологий обусловлена получением оперативных и достоверных сведений о состоянии территории. В работе рассматривается один из инструментов осуществления мероприятий муниципального земельного контроля с «воздуха», при помощи беспилотных летательных аппаратов. Представлен порядок осуществления аэрофотосъемки и выявлены основные преимущества получения ортофотоплана территории города и его использование в рамках осуществления муниципального земельного контроля.

*Ключевые слова:* беспилотные летательные аппараты, земельный контроль, аэрофотосъемка, нарушение, ортофотоплан.

The development of unmanned technologies is increasingly used in the life of society and the state. The demand and relevance of the use of such technologies is due to the receipt of prompt and reliable information about the state of the territory. The paper considers one of the tools for implementing measures of municipal land control from the “air”, with the help of unmanned aerial vehicles. The procedure for aerial photography is presented and the main advantages of obtaining an orthophoto plan of the city territory and its use in the framework of municipal land control are identified.

*Keywords:* unmanned aerial vehicles, land control, aerial photography, violation, orthomosaic.

Проведение мероприятий муниципального земельного контроля должно опираться на максимально точную информацию о состоянии территории, ее площади и застройке. Наиболее простым и эффективным способом получения таких пространственных данных является использование беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА). Эффективность применения БПЛА характеризуется получением детальных изображений местности в короткий срок, позволяет обследовать земельные участки, расположенные в труднодоступных местах, а также создавать ортофотопланы и 3D-модели рельефа местности [1].

Опираясь на практический опыт автора осуществления проверочных мероприятий, картографические и статистические данные нарушений автором описан алгоритм проведения проверочных мероприятий в рамках осуществления муниципального земельного контроля с применением БПЛА.

Внедрение и получение снимков с БПЛА на территории муниципального образования «Город Томск» реализуется с 2014 года и проводится ежегодно в осенне-весенний период времени.

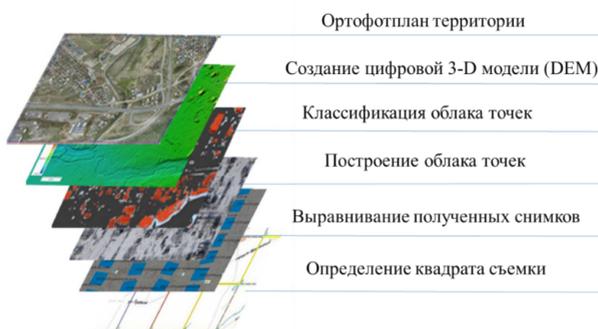


Рис. 1. Схема получения ортофотоплана местности

Предварительный этап подготовки к аэрофотосъемке включает в себя разработку полетного задания и разбивку территории на полетные зоны, после чего производится выезд на местность и устанавливается базовая станция, определяются центры фотографирования и производится запуск летательного аппарата [2].

Данные, полученные по результатам аэрофотосъемки, применяются для выявления нарушений соблюдения требований земельного законодательства без взаимодействия с лицом, в отношении которого проводятся контрольные мероприятия. На рис. 2 представлен пример самовольного занятия земельного участка, двухэтажным домом и огородом, расположенным на землях, государственная собственность на которые не разграничена.



Рис. 2. Схема самовольного занятия земельного участка, построенная по результатам аэрофотосъемки

Обновление и актуализация картографических данных территорий муниципальных образований, имеет большой потенциал для решения вопросов, связанных не только с муниципальным земельным контролем, но и в целом с информационным обеспечением градостроительной деятельности, землепользования, проектирования,

строительства и принятием управленческих решений в пространственном развитии города.

### **Литература**

1. Гринько Е. В. Курков М. В. Солощенко Ф. В. Суздальцев Н. Р. Опыт ГК «Геоскан». Создание высокоточной трёхмерной модели Тульской области // Геопрофи. 2018. № 2. С. 10–14.
2. Иноземцев Д. П. Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Модель обработки аэрофотоснимков в среде Agisoft PhotoScan // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2013 № 3(50). С. 48–51.

**УДК 528.441**

*Дарья Сергеевна Лосева,*  
студент

*Полина Михайловна Демидова,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский  
горный университет)

*E-mail: Dloseva@mail.ru,*  
*Demidova\_PM@pers.spmi.ru*

*Darya Sergeevna Loseva,*  
student

*Polina Mikhailovna Demidova,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg  
Mining University)

*E-mail: Dloseva@mail.ru,*  
*Demidova\_PM@pers.spmi.ru*

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
РАСПОЗНАВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ  
КАДАСТРОВЫХ РАБОТ**

**APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES  
FOR RECOGNITION OF A LAND PLOT FOR CARRYING  
OUT COMPLEX CADASTRE WORKS**

В статье рассмотрены предпосылки и опыт проведения комплексных кадастровых работ в Российской Федерации. Рассмотрены современные методы определения и уточнения координат земельных участков при проведении комплексных кадастровых работ. Проведен анализ эффективности инновационных методов распознавания земельного участка при кадастровом учете. Сделаны выводы по целесообразности использования современных методов определения и уточнения земельных участков на территории РФ при комплексных кадастровых работах с выделением всех преимуществ и недостатков.

*Ключевые слова:* комплексные кадастровые работы, границы земельного участка, искусственный интеллект, методы определения географических координат, уточнение координат, аэрофотосъемка, цифровые картографические материалы.

This article discusses the prerequisites and experience of carrying-out complex cadastral works in the Russian Federation. In this study, modern methods are considered for determining and refining the coordinates of land plots while carrying out complex cadastral works. Therefore, the analysis of the effectiveness of innovative methods for recognizing a land plot in the cadastral registration has been made. In conclusion, the expediency of using modern methods for determining and clarifying

land plots on the territory of the Russian Federation is considered. Further more, it has been highlighted that all the advantages and disadvantages in complex cadastral works in the territory of the Russian Federation are considerable.

*Keywords:* complex cadastral works, Land plot boundaries, Artificial Intelligence, Methods for determining geographic coordinates, Refinement of coordinates, Aerial photography, Digital cartographic materials.

Комплексные кадастровые работы (далее по тексту – ККР) в Российской Федерации заключаются в одновременном уточнении границ земельных участков и всех объектов капитального строительства, а также объектов незавершенного строительства и сооружений в границах земельных участков, расположенных на территории одного кадастрового квартала или территории смежных кадастровых кварталов [1–3].

Предпосылками и причинами введения положений о ККР в Федеральный закон стала длительность и неоднозначность процедуры определения границ земельных участков и местоположения контуров зданий и сооружений, а также увеличение количества земельных споров и ошибок в ЕГРН при проведении кадастрового учета. Всё это говорит о снижении эффективности использования земельных ресурсов, а значит и экономического потенциала земли. Стоит отметить, что государственные методы стимулирования до введения ККР, а именно, различные льготные программы (например, предоставление земельных участков особым категориям граждан) и информационное оповещение граждан о необходимости проведения кадастрового учета не дали положительного эффекта [4].

Таким образом, выполнение комплексных кадастровых работ частично решило ряд вышеуказанных проблем. Об этом говорит статистика по регионам. В 2017 году было разработано 3 пилотных проекта, по результатам которых был проведен анализ эффективности проведения ККР в РФ (см. табл.).

Количественные показатели выше представленной таблицы указывают на то, что фактические затраты на проведение ККР оказались вдвое ниже, чем было запланировано программой, а коли-

чество откорректированных (внесенных) сведений об объектах в ЕГРН оказалось меньше запланированных только в Республике Тыва. Следует отметить, что финансовые затраты на учет одного объекта составили 4454–6010 руб., что существенно ниже, чем затраты на проведение кадастровых работ в индивидуальном порядке.

**Результаты проведения комплексных кадастровых работ в пилотных регионах Российской Федерации в 2017 г.**

Регион	Финансирование, млн руб.	Фактические затраты, млн руб.	Площадь территории, га	Количество объектов, в отношении которых планировались работы	Количество объектов, в отношении которых сведения в ЕГРН изменены либо внесены	Охваченные объекты к планируемому количеству, %	Затраты на внесение сведений в ЕГРН по одному объекту, руб.
Республика Тыва	40,0	18,20	1225,0	6666	2500	26	6001
Астраханская область	4,99	3,46	474,5	830	2300	360	6010
Белгородская область	9,64	3,22	176,1	2165	6700	323	4454
Всего по регионам	54,63	24,88	1876,6	9661	11500	–	–

Всего по состоянию на 1 января 2021 года в реестре недвижимости содержится более 37,7 млн данных о границах всех земельных участков [5].

Абсолютные показатели по выполнению комплексных кадастровых работ в 2021 году показала Тверская область, где начиная с апреля и до конца 2021 года было уточнено более 9 тысяч границ земельных участков в 89 кадастровых кварталах.

Тем не менее, существует ряд трудностей, с которыми сталкивается специалист при разработке карта-плана на территорию проведения ККР:

1. Наличие неактуальных сведений о территории проведения ККР (устаревшие проекты межевания территории), которые сильно искажают фактическую ситуацию [6].

2. Недостаточность сведений об объектах недвижимости в ЕГРН, что вызывает сложность в идентификации этих объектов и замедляет процесс проведения ККР.

3. Отсутствие картографического материала на территорию проведения ККР, что не позволяет проанализировать текущее землепользование относительно сведений о местоположении объекта, находящихся в ЕГРН.

4. Неактуальность положений смежных нормативных актов земельного законодательства (ФЗ о СНТ требует значительных корректировок в части разрешенного количества участников, принимающих решение по проведению ККР на территории СНТ) [7].

5. Отсутствие четкой методики проведения ККР для объектов капитального строительства, сведения о которых не содержатся в ЕГРН.

6. Отсутствие дифференциального подхода к проведению ККР при бюджетном и внебюджетном финансировании работ [8].

Таким образом, данные проблемы могут быть решены с применением современных способов определения и уточнения границ земельных участков, а также с разработкой четкой методической базы для проведения работ для разных объектов.

Так, например, современные технологии аэрофотосъемки и автоматизированные методы обработки и получения результатов съемки позволяют получить ортофотопланы высокого разрешения. Более того, при соблюдении ряда условий (степень перекры-

тия 60% и выше, а высота залета не выше 200 метров) материалы аэрофотосъемки могут стать основой для создания точных цифровых трехмерных моделей местности, отражающих не только плановое положение объектов кадастровых работ, но и их высотные характеристики с достаточной степенью точности [9].

То есть, если в ЕГРН в качестве дополнительных сведений будут содержаться еще и трехмерные модели объектов недвижимости, то проблема их идентификации на местности будет решена. Кроме того, уже с 2020-го года в республике Дагестан в экспериментальном режиме начали применять технологию 3D – сканирования при проведении ККР в отношении 8,5 тысяч земельных участков и 5,5 тысяч объектов капитального строительства.

Также использование аэрофотосъемки при проведении ККР способствует выявлению самозахвата земель и несовпадению фактических границ с данными ЕГРН, что, безусловно, носит положительный эффект с экономической точки зрения [10].

На рис. 1 представлена цифровая трехмерная модель местности, полученная с использованием беспилотных летательных аппаратов и программного комплекса автоматизированной обработки материалов аэрофотосъемки компании AGISOFT Photoscan (Россия) с точностью 10 см в плане, 15 см по высоте [11].



Рис. 1. Цифровая трехмерная модель местности компании AGISOFT Photoscan

Кроме того, традиционные цифровые картографические материалы могут быть дополнены картографическими Web-геосервисами, такими, как Yandex-карты, Google-maps, Open Street Map, 2GIS и другие. Использование таких сервисов может помочь решению задач по адресной привязке объектов недвижимого имущества с целью последующей идентификации их в ЕГРН [12].

Другим способом стал инновационный метод определения границ земельных участков с помощью искусственного интеллекта, разработанный совместно компанией «ИнноГеоТех» и университетом Иннополис.

Для распознавания земельных участков был создан нейросетевой сервис в рамках платформы, где также реализованы алгоритмы по распознаванию карьеров, вырубок, гарей, участков используемой пашни, участков леса с помощью технологий машинного обучения и компьютерного зрения.

В случае проведения комплексных кадастровых работ данный метод будет применим для распознавания объектов инфраструктуры, линий рельефа, границ улично-дорожной сети.

Нейронные сети анализируют данные дистанционного зондирования Земли – спутниковые снимки и материалы аэрофотосъемки, после чего информацию можно сравнить со сведениями ЕГРН. Полученные данные анализирует оператор, который подтверждает обнаруженные нарушения или проводит дополнительную проверку. До внедрения искусственного интеллекта весь процесс проводился вручную [13].

На рис. 2 представлены материалы съемки с последующим определением границ земельных участков с помощью алгоритмов нейронной сети.

Тем не менее, существует и значительный недостаток в области проведения ККР – это отсутствие единой методики проведения комплексных работ и закрепленной за ней нормативно – правовой базы. Разработка такой методики особенно необходима в настоящее время, после вступления в силу Законопроекта «О внесении изменений в Федеральный закон «О кадастровой деятельности»

и «О государственной регистрации недвижимости» (в части установления возможности выполнения комплексных кадастровых работ за счет внебюджетных средств)» от 23 марта 2021 года, который регламентирует положение о разрешении проводить ККР физическим и юридическим лицам, а также заинтересованным в выполнении таких работ внебюджетным организациям. [14]



Рис. 2. Определение границ земельных участков с помощью алгоритмов нейронной сети, созданной компанией «ИнноГеоТех» и университетом Иннополис

В соответствии со сроками, утвержденными государством в программах по развитию, планировалось, что основная часть ККР и внесение сведений в ЕГРН будет осуществлено до 1 января 2019 года. Но ввиду отсутствия единой технологии проведения

ККР и неактуальности градостроительной документации, этот вопрос остается открытым. [15]

Для ускорения проведения массовых ККР по регионам и увеличения инвестиционной привлекательности земельных ресурсов в РФ необходимо своевременное обновление сведений об объектах недвижимости, обновление градостроительной документации, четкое проведение границ между населенными пунктами и крупными районами, уточнение границ земельных участков частного сектора. Все эти задачи поможет решить применение современных способов проведения ККР.

### **Литература**

1. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 16.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022) URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/) (доступ: 03.01.2022).

2. Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021) «О кадастровой деятельности» URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_70088/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/) (доступ: 03.01.2022).

3. Федеральный закон от 22.12.2014 № 447 «О внесении изменений в ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_172518/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172518/) (доступ: 03.01.2022).

4. Федеральный закон от 22.12.2020 г. № 445-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_371691/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_371691/) (доступ: 03.01.2022).

5. Официальный сайт Росреестр URL: <https://rosreestr.gov.ru/press/archive/rosreestr-obespechil-kompleksnye-kadaastrovye-raboty-v-neskolkikh-pilotnykh-regionakh/> (доступ: 15.02.2022).

6. Барсукова Г. Н., Литра Е. Н. Обоснование проведения комплексных кадастровых работ на территориях публичных образований // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Краснодар. 2019. С. 71–80.

7. Федеральный закон от 29.07.2017 № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 30.12.2021) URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_221173/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221173/) (доступ: 03.01.2022).

8. Демидова П. М., Гаврильева В. А. Разработка методики выполнения комплексных кадастровых работ на территории садоводств // Оригинальные исследования. 2021. № 5. С. 82–87.

9. Иноземцев Д. П. Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Часть 1: Обзор технических средств // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2013. № 2 (49). С. 50–54.

10. Демидова П. М., Рыбкина А. М., Бузина А. Ю. Разработка методики выполнения комплексных кадастровых работ в отношении объектов капитального строительства // Московский экономический журнал. 2020. № 6. С. 73–82.

11. Руководство пользователя AGISOFT Photoscan URL: [https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro\\_1\\_2\\_ru.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf) (доступ: 15.02.2022).

12. Киценко А. А. Методы определения координат объектов недвижимости при проведении комплексных кадастровых работ // Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки. 2017. № 3. С. 132–141.

13. Опыт применения искусственного интеллекта в России URL: <http://www.gisa.ru/132180.html> (доступ: 15.02.2022).

14. Тадюков Н. С., Майоров Е. Г., Митрофанова Н. О. Опыт выполнения комплексных кадастровых работ на территории города Междуреченска Кемеровской области // Интэрэкспо Гео – Сибирь. 2019. № 2. С. 282–289.

15. Малинин, В. Э. Роль и проблемы комплексных кадастровых работ в совершенствовании государственного кадастра недвижимости // Новые технологии при недропользовании: сб. науч. трудов. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет. 2016. С. 95–98.

**УДК 540.064.36**

*Полина Олеговна Чапаева,*

студент

*Евгения Вадимовна Февралева,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*Виктория Андреевна Чикина,*

студент

(Орловский государственный аграрный  
университет им. Н. В. Парахина)

*E-mail: chapaeva@gazproekt.spb.ru,*

*zhenya.fevraleva@mail.ru,*

*chikina-va@orel-adm.ru*

*Polina Olegovna Chapaeva,*

student

*Evgeniya Vadimovna Fevrалеva,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*Victoria Andreevna Chikina,*

student

(Orel State Agrarian University  
named after N. V. Parakhin)

*E-mail: chapaeva@gazproekt.spb.ru,*

*zhenya.fevraleva@mail.ru,*

*chikina-va@orel-adm.ru*

**К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННОМ  
СОСТОЯНИИ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**ON THE ISSUE OF THE CURRENT STATE  
OF MONITORING OF AGRICULTURAL LAND**

Статья рассматривает текущее состояние земельного фонда на 2020 год. Приведены сведения по сельскохозяйственным угодьям и формам собственности. Дается определение государственного мониторинга. Поднимаются такие вопросы, как состояние земель сельскохозяйственного назначения и процесс ведения мониторинга таких земель в России. Затрагивается вопрос ведения дистанционного мониторинга земель сельхоз назначения, также приведен атлас «ФГИС АЗСН» и карта «КосмосАгро».

*Ключевые слова:* сельскохозяйственные земли, мониторинг, атлас земель.

The article considers the current state of the land fund for 2020. Information on agricultural lands and forms of ownership is given. The definition of state monitoring is given. Issues such as the state of agricultural land and the process of monitoring such land in Russia are raised. The issue of conducting remote monitoring of agricultural land is touched upon, the atlas "FSIS AZSN" and the map "CosmosAgro" are also given.

*Keywords:* agricultural lands, monitoring, atlas of lands.

Актуальность выбранной темы, характеризуется высоким темпом развития импортозамещения в России. Для наращивания производственной мощи и выхода на рынки, необходимо производить мониторинг сельскохозяйственных земель для более эффективного их использования. Полученные данные после мониторинга должны находить свое практическое применение и быть представлены на открытых информационных ресурсах. Целью данной научно-исследовательской работы является обзор современного состояния мониторинга земель на современном этапе. Основной задачей является проанализировать текущее состояние мониторинга и предположить пути решения выявленных проблем. Методом исследования является анализ существующих нормативно-правовых актов и результатов деятельности.

Почвенный покров, особенно сельскохозяйственных угодий, подвержен деградации и загрязнению, теряет устойчивость к разрушению, способность к восстановлению свойств и воспроизводству плодородия [1]. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения представляет собой систему оперативных, периодических и базовых (исходных) наблюдений за изменением качественного и количественного состояния земель сельскохозяйственного назначения, в том числе мониторинг плодородия таких земель. Государственный мониторинг сельскохозяйственных земель включает в себя систематические наблюдения за плодородием почв и за изменением растительного покрова на этих землях [2]. Государственный мониторинг сельскохозяйственных земель направлен на сохранение и восстановление плодородия почв, а также обеспечение необходимой информацией о состоянии почв всех заинтересованных лиц [3]. Состав государственного мониторинга представлен на рис. 1.

Если брать итоговые значения, то можно сделать следующие выводы: на 01.01.21 года площадь земель сельскохозяйственного назначения составила 380,8 млн га. В сравнении с 01.01.20 годом площадь категории земель сельскохозяйственного назначения

в составе земельного фонда Российской Федерации уменьшилась на 0,9 млн га. Уменьшение площади земель сельскохозяйственного назначения отмечено в Калужской области – на 201,9 тыс. га, Кировской области – на 183,5 тыс. га, Пермском крае – на 179,6 тыс. га, Томской области – на 48,8 тыс. га [4]. На рис. 1 представлено распределение сельскохозяйственных земель по угодьям.

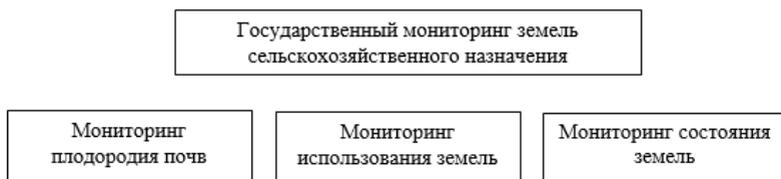


Рис. 1. Государственный мониторинг

№ п/п	Наименование угодий	Площадь (млн га)	В процентах от категории
1	Сельскохозяйственные угодья, в том числе:	197,8	52,0%
1.1	пашня	116,2	30,5%
1.2	залежь	4,4	1,2%
1.3	многолетние насаждения	1,2	0,3%
1.4	сенокосы	18,7	4,9%
1.5	пастбища	57,3	15,0%
2	Лесные площади	22,1	5,8%
3	Земли под лесными насаждениями	19,2	5,0%
4	Земли под дорогами	2,3	0,6%
5	Земли застройки	1,1	0,3%
6	Земли под водой	13,1	3,4%
7	Другие земли	125,2	32,9%
<b>Итого</b>		<b>380,8</b>	<b>100,0%</b>

Рис. 2. Распределение земель по угодьям

Структура площади земельных участков в Российской Федерации по формам собственности на рис. 3.

Для этого Министерством сельского хозяйства Российской Федерации была разработана система дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, совмещенная с наземными обследованиями сельскохозяйственных угодий, которая

является составной частью системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства. Дистанционный мониторинг дает возможность получить достоверную и актуальную информацию на всю территорию, занятую сельскохозяйственными землями, поскольку время обновления данной информации составляет от нескольких дней до 1 года (в зависимости от множества факторов, в том числе от ее пространственного разрешения) [5]. Для обеспечения дистанционного мониторинга была разработана Федеральная геоинформационная система атлас земель сельскохозяйственного назначения (ФГИС АЗСН). Атлас представлен на рис. 4.

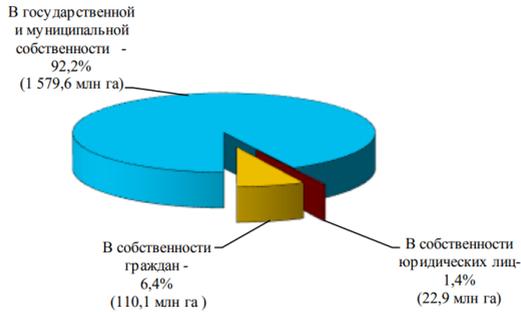


Рис. 3. Структура площади земельных участков в Российской Федерации по формам собственности

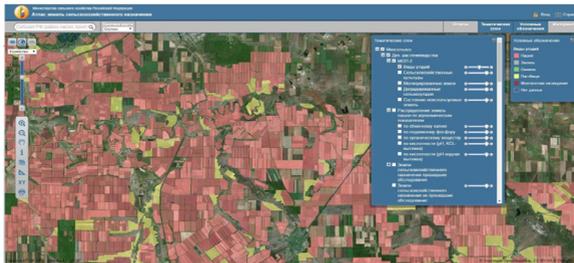


Рис. 4. Атлас земель сельскохозяйственного назначения

ФГИС АЗСН объединяет в себе возможность перехода в следующие системы, представленные на рис. 5.

ФГИС АЗСН объединяет системы:

- Гидрометеорологическая информация (Росгидромет);
- ГИС Деметра (Госсельхознадзор);
- Реестр федерального имущества Российской Федерации;
- Единый государственный реестр почвенных ресурсов

Рис. 5. Системы ФГИС АЗСН

Территория Россия представляет собой безгранично большие по масштабу территории. Земли сельскохозяйственного назначения подвержены динамическому изменению постоянно. Хозяйства, которыми владеют землепользователи, располагаются на территории также могут являться причиной деградации земель. Отсюда вытекает следующее, что информацию о конкретном хозяйстве на территории России каждый землепользователь наносит самостоятельно. Лицо, владеющее хозяйством, должно быть заинтересовано в сборе сведений о состоянии земель и урожайности, ведь получая эту информацию можно будет разработать мероприятия по улучшению земель и повышению урожайности. Для этого необходимо собрать всю необходимую информацию и передать ее на информационный ресурс, а также использовать уже существующую информацию для поддержания состояния земель и плодородия. Данная процедура сбора и передачи данных является достаточно проблемной, как в части времени, так и в части достоверности полученных данных. На данный момент идет разработка региональных систем мониторинга сельскохозяйственного назначения, с применением ГИС-технологий и зондирования Земли [6]. На рис. 6 представлена программа «КосмосАгро».

На основании этих обследований, сформирована постоянно обновляемая многоуровневая база данных плодородия почв, содержащая данные за последние 10 лет [7].



Рис. 6. Программа «КосмосАгро»

На основании вышеизложенного, на современном этапе идет достаточно эффективная работа по разработке мероприятий сохранения состояния земель и увеличения производственной способности почв. Большая часть работ нацелена на сбор данных о текущем состоянии земель и земельного покрова. Однако, стоит отметить, что проводимый мониторинг имеет достаточно нестабильный на территории России характер, ввиду отсутствия межведомственного взаимодействия. Разработка региональных атласов для контроля состояния, которые будет вести собственники хозяйств и передача данных в единый информационный ресурс (ФГИС АЗСН) станет ведущей задачей для обеспечения охраны таких земель. Стоит отметить, что за каждым таким региональным атласом должна быть разработана методика проверки получаемых туда данных, на предмет достоверности. Данной проверкой должны заниматься уполномоченные органы. После всех этапов проверки выгружаться на информационный ресурс ФГИС АЗСН. Также существующая информация на ФГИС АЗСН, должна проверяться и обновляться, для выявления новых негативных процессов, таких как деградация земель и ухудшения их плодородия, а также нерационального использования таких земель и мониторинга уже существующих состояний. Ведь земли сельскохозяйственного назначения

представляют особую ценность для государства, ведь являются базисом для развития продовольственной безопасности страны.

### **Литература**

1. Распоряжение Правительства РФ от 30 июля 2010 г. № 1292-р «О Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года». // Правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [https://http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_39816/](https://http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39816/). (Дата обращения: март 2022).

2. Постановление Правительства РФ от 28.11.2002 № 846 «Об утверждении положения об осуществлении государственного мониторинга земель». // Правовая система «Консультант-Плюс» [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: [https://http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_39815/](https://http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39815/). (Дата обращения: март 2022).

3. Кресникова Н. И., Никонова А. А., Никольский А. А. Организация информационного фонда данных государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения / Н. И. Кресникова, А. А. Никонова, А. А. Никольский // Никоновские чтения. 2012. № 17. С. 299–302.

4. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvenny-natsionalny-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-vrossiyskoy-federatsii/>. (Дата обращения: март 2022).

5. Атлас земель сельскохозяйственного назначения РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://atlas.mcx.ru/#>. (Дата обращения: март 2022).

6. КосмосАгро [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://sovzond.ru/projects/2070/>. (Дата обращения: март 2022).

7. Троценко Е. С., Современное состояние мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. № 3. С. 85–89.

УДК 540.064.36

Григорий Игоревич Селезнев,  
студент  
(Московский государственный  
университет геодезии и картографии)  
E-mail: grigorii30@mail.ru

Gregory Igorevich Seleznev,  
student  
(Moscow State University  
of Geodesy and Cartography)  
E-mail: grigorii30@mail.ru

## ЛЕГАЛИЗАЦИЯ НЕЖИЛОГО НЕДВИЖИМОГО ИМУЩЕСТВА ПОД ЖИЛЬЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ НЕДВИЖИМОСТИ

### LEGALIZATION OF NON-RESIDENTIAL REAL ESTATE FOR HOUSING AS AN ELEMENT OF REAL ESTATE POLICY

Апартаменты – внеправовое понятие, обозначающее нежилое помещение пригодное для проживания граждан. В статье дано толкование термина апартаменты, история развития данного формата недвижимости, составлена классификация.

*Ключевые слова:* недвижимость, нежилое помещение, апартаменты.

Apartments are an extra-legal concept denoting non-residential premises suitable for citizens to live in. The article gives an interpretation of the term apartments, the history of the development of this format of real estate, a classification is compiled.

*Keywords:* real estate, non-residential premises, apartments.

В рамках современных демографических и урбанистических тенденций, а также экономических процессов, в крупных городах (в частности, Москве и Санкт-Петербурге) за последнее десятилетие сформировалась практика проживания людей в нежилых помещениях. Новый вид недвижимости именуется термином «апартаменты».

Для правильной постановки задачи и её последующего решения необходимо уточнить терминологию. Обращаясь к законодательству в поисках определения статуса апартаментов, не обнаруживаем нормированных терминов. С юридической точки зрения

толкование нового формата недвижимости практически отсутствует: нет соответствующего упоминания ни в Гражданском кодексе, ни в Жилищном, ни в Градостроительном. Исключения составляют лишь подзаконные акты, но, как впоследствии увидим, присутствуют свои нюансы, не решающие вопроса. Таким образом, правовой статус апарт-отелей в российском законодательстве остается неопределенным.

Для понимания концепции использования нового вида недвижимости обратимся к истории и рассмотрим причины появления. Самые первые апарт-отели начали появляться в начале 2000-х годов в результате редевелопмента старых особняков. Застройщики получали в реконструкцию старые особняки в центре города, но без возможности перевода в жилые помещения. Далее переносимся к концу нулевых годов, когда апарт-отели стали выходить на рынок недвижимости более уверенно и массово. Учитывая закрытость рынка и скудность информации, достоверно сказать с чего именно все начиналось сложно. Есть две версии. Первая связана со строительством Московского международного делового центра «Москва-Сити». Когда застройщики возводили комплекс зданий, то встал вопрос заселения помещений. Возникла идея заселять так, как есть, а назвать не квартирами, а новомодным для российского слуха словом «апарт-отели». Вторая версия связана с кризисом 2008 г. После бурного строительства новых офисных помещений в «золотые» нулевые, в 2008 г. они оказались невостребованными. И с целью отбития вложенных капиталов пришла идея заселить пустующие площади.

По итогу прослеживается общая схема: нежилые помещения подстраивались для проживания.

Там, где есть предложение, будет и спрос: застройщики с потребителями распробовали и оценили результаты. Для первых это сократило количество необходимой для запуска проекта разрешительной документации, вывело из-под действия закона 214-ФЗ, а также сняло социальные обязательства, как при строительстве

жилых объектов. Для вторых же изюминкой апартаментов стала привлекательная цена (на 10–20 % ниже стоимости квартир), а также местоположение апартаментов (снимаются ограничения, как для квартир).

Но не все сложилось так хорошо, как хотелось бы. Так как законодательство не поспевало за настроениями, новые объекты создавались в условиях юридического пробела. При чём, несмотря на все риски и затраты, строительство приобрело массовый характер, и к концу десятилетия апартаменты появились во всех потребительских классах, на любой вкус и цвет (первоначально, предложения были представлены лишь в элитном секторе). Впоследствии это вылилось в ряд проблем, с которыми столкнулись владельцы, зачастую главной их которых стало непонимание, что они приобрели. Для наиболее полной картины, которую признали на уровне Правительства Москвы, с которой столкнулись потребители, приведу цитату Владимира Ефимова, бывшего в то время руководителем Департамента экономической политики и развития (сейчас – заместитель мэра Москвы):

*«Это решение Правительства Москвы имеет социальную направленность. Реестр апартаментов позволяет обеспечить поддержку москвичей, которые купили нежилые помещения, внешне неотличимые от жилых, и используют их для постоянного проживания» [1].*

Таким образом, апартаменты де-юре нежилое помещение, де-факто – используемое для проживания.

На данный момент говорить о какой-либо общепринятой и устойчивой классификации апартаментов не приходится. Это понятно: апартаменты лишь обобщающее слово для пестрого набора нежилой недвижимости, используемого с целью проживания граждан. При сложившемся правовом пробеле встречающиеся систематизации представляют собой не более чем мнение ряда авторов. Рассмотрим данное утверждение на примере статьи Ирины Рудевич в наиболее авторитетном издании в бизнес-среде – газете «РБК». Автор выделяет следующие виды апартаментов [2]:

*«Согласно общепринятой классификации, апартаменты делят на четыре вида:*

- *апарт-отели. Человек арендует номер, как правило, на не-большой срок. Он может пользоваться предоставленной посудой и гостиничным сервисом;*
- *доходные дома. Владельцы такой недвижимости сдают номера на длительный срок, могут предоставляться дополнительные услуги, но необязательно;*
- *кондоминиум. Вид недвижимости, распространенный в США. Эти апартаменты можно выкупить у владельца и жить в них либо сдавать другим людям;*
- *многофункциональные комплексы. Вариант, максимально близкий к квартире. В апартаментах можно жить постоянно, перепродавать их, сдавать в аренду.»*

К сожалению, автор не указывает источник «общепринятой классификации» или на ее создателя. При изучении иных классификаций от менее авторитетных изданий видна одна особенность: все они основываются на практике использования объектов, но упускается тот факт, что строительство – это законодательно регулируемая деятельность. При более глубоком и детальном изучении российского законодательства находим два документа, на основе которых можно систематизировать нежилые помещения, используемые с целью проживания граждан.

Первый из них – приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07.08.2014 № 440. Согласно приложению Б к этому документу выделяют апартаменты двух видов [3]:

1) Апартаменты квартирного типа (полное соответствие стандартам проектирования жилых многоквартирных зданий);

2) Апартаменты гостиниц (не менее 2-х комнат, соблюдение требований к гардеробным помещениям, коридорам и санузлам).

На рынке недвижимости первый тип зачастую встречается под термином «апартаменты в составе многофункциональных центров», второй – «сервисные апартаменты».

В части сервисных апартаментов действует законодательство в сфере гостиничного дела, в частности, постановление Правительства РФ от 18.11.2020 № 1860 «Об утверждении Положения о классификации гостиниц» [4]. Согласно данному акту:

*«Категория «апартамент»: номер в гостинице общей площадью не менее 40 кв. м, состоящий из 2 и более комнат (гостиной/столовой/и спальни), с 2-спальной кроватью размером 200×200 см, с мини-кухней (панель электроплиты/микроволновая печь, вытяжка, чайник, посудомойка/раковина для мытья посуды, комплект посуды, холодильник/минихолодильник)».*

Внимательный читатель заметил, что ранее употреблялась классификация применимая к жилым помещениям. Одной из особенностей апартаментов стало то, что исходя из целей использования, к ним адаптировалась без существенных изменений систематизация применимая к их аналогам. Как и квартирам, к апартаментам стали применимы термины «элитный класс», «бизнес-класс», «комфорт/эконом-класс».

Исходя их выше упомянутого, на основе действующего законодательства нежилые помещения для целей проживания могут формироваться по двум различным путям. Первый из них – это нежилое помещение, подстраивающиеся под требования квартиры и именуемое на рынке недвижимости «апартаменты составе многофункциональных центров». Второй путь – помещение подстраивается под гостиничный номер и именуется «апартаменты гостиниц» или же «сервисные апартаменты». Данное разветвление создает лишь дополнительные проблемы, перед которыми столкнётся законодатель при урегулировании статуса.

В рамках прочтения могут возникнуть два вопроса:

- 1) В начале работы ставился за основу законодательный пробел по апартаментам, но приводятся акты, содержащие разъяснения по данному виду недвижимости?
- 2) Апартаменты преподносились как юридически нежилые помещения, а в приведенных актах говорится о жилых помещениях?

Ключевой ответ на вопрос кроется в формате вышеупомянутых правовых документов. Они являются подзаконными актами. Вспомним, что из себя представляют данные акты и обратимся к ИПС «Консультант Плюс» [5]: *«Подзаконные акты – это нормативные правовые акты, издаваемые на основе и во исполнение законов. Они могут конкретизировать нормы законов, толковать их или устанавливать новые нормы, но при этом должны соответствовать и не противоречить законам. Подзаконные акты являются средством реализации законодательных норм»*. Исходя из сути термина, подзаконные акты являются лишь продолжением конкретного закона и стоят ниже его по юридической силе. Как говорилось ранее, ни один из кодексов, ни иной другой федеральный закон не содержат в себе разъяснений касательно апарт-апартаментов. Следовательно, упомянутые выше документы оперируют определением, отсутствующим в вышестоящем законодательстве.

Ответ касательно жилого помещения вытекает из предыдущего утверждения. В ст. 16 ЖК РФ [6] перечисляются виды жилых помещений. Жилищный кодекс (федеральный закон) по юридической силе стоит выше приложения к приказу Минстроя России (подзаконный акт). В последнем причисление апарт-апартаментов к жилым помещениям не является юридически правомерным, и при решении судебных дел судьи будут обязаны, в первую очередь, учитывать требования федерального законодательства, а не ведомственного приказа.

Несмотря на длительный срок существования апарт-апартаментов в России, законодательство старается успеть за тенденциями рынка недвижимости. В мае 2021 года в Государственную Думу РФ был внесен законопроект [7], в рамках которого вопрос апарт-апартаментов планируют урегулировать. Авторы законопроекта предлагают создавать многофункциональные здания с жилыми и нежилыми помещениями, которые можно возводить вне границ жилой застройки. На конец 2021 г. было назначено первое чтение законопроекта, но после было перенесено на неопределённый срок.

Комитеты Госдумы, занимающиеся инициативой, вынесли положительный вердикт о необходимости принятия.

Несмотря на необходимость, сама инициатива создает дополнительные проблемы. Первая из них касается отличий между многоквартирным домом, в котором могут располагаться, например объекты торговли на первых этажах, и многофункциональным зданием, где может сложиться такая же ситуация. Вторая проблема звучит глобальнее. Как поступать с дополнительной социальной нагрузкой при появлении полу-жилых зданий там, где они не предполагались? При чем это может перечеркнуть все градостроительное зонирование в определённых частях населенных пунктов. По мнению К. В. Сторожева, генерального директора компании VALO Service (Комплекс апартаментов VALO), *«разработчики пытаются снять все вопросы разом. И прошлые (легализовать уже построенное), и настоящие, и будущие. Это нереально»* [8].

Подводя итоги, можно сказать, что концепция апартаментов как нежилых помещений, пригодных для проживания граждан, порождённая тенденциями экономики и урбанизации, заслужила право на жизнь. К сожалению, это также создало проблемы на всех уровнях: как для потребителей и застройщиков, так и для законодателей и градостроителей. Вовремя неурегулированный вопрос нового формата недвижимости более чем за десятилетие лишь усложнился, а предлагаемое решение не способно исправить ситуацию. В сложившихся обстоятельствах путь через принятие одного законопроекта является ошибочным. Изменения должны быть более продуманными и постепенными во избежание градостроительного кризиса. Наиболее целесообразным является следующий алгоритм действий для будущих объектов: сервисные апартаменты полностью переходят в гостиничное законодательство, апартаменты квартирного типа подпадают под разряд жилых помещений в составе многофункциональных центров (соседействуют с нежилыми помещениями). Для построенных к алгоритму будет прибавляться возможность перевода нежилых помещений в квартиры при соблюдении соответствующих требований.

## **Литература**

1. Рузана М. Скидка на роскошь: какие столичные апартаменты получают налоговые льготы. Финансово-экономический журнал Forbes URL: <https://www.forbes.ru/biznes/422211-skidka-na-roskosh-kakie-stolichnye-apartamenty-poluchayut-nalogovye-igoty> (Дата обращения 24.03.2022).
2. Ирина Р. «Апартаменты или квартира: что лучше и почему?» Информационное агентство «РБК» [электронный ресурс] -2020 URL: <https://realty.rbc.ru/news/5fc897769a7947df26e675e9> (Дата обращения 24.03.2022).
3. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 августа 2014 г. № 440. Приложение Б. СП 160.1325800.2014. Свод правил. Здания и комплексы многофункциональные правила проектирования. // Ценообразование и сметное нормирование в строительстве январь 2015 г., № 1.
4. Постановление Правительства РФ от 18 ноября 2020 г. № 1860 «Об утверждении Положения о классификации гостиниц» URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74857806/> (Дата обращения 24.03.2022).
5. Новикова Д. Б. Основные принципы построения эффективной СРПИ. [электронный ресурс]-2021. URL : <http://www.consultant.ru/about/nc/legalinfo/doklad/addition1/> (Дата обращения 24.03.2022).
6. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. N 188-ФЗ // Российская газета от 12 января 2005. N 1.
7. Система обеспечения законодательной деятельности/ законопроект № 1162929-7 [электронный ресурс] URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/1162929-7> (Дата обращения 24.03.2022).
8. Синочкин Д. Закон об апартаментах не решает старые проблемы, зато создаёт массу новых. Недвижимость и строительство Петербурга [электронный ресурс] URL: <https://nsp.ru/29834-zakon-ob-apartamentax-ne-resaet-starye-problemy-zato-sozdayot-massu-novyx> (Дата обращения 24.03.2022).

# СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

---

УДК 697.9

*Екатерина Алексеевна Денисова,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: katya-denisova-98@mail.ru*

*Ekaterina Alekseevna Denisova,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: katya-denisova-98@mail.ru*

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГАЛЕРЕЕ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

### NUMERICAL SIMULATION OF VENTILATION PROCESSES IN THE GALLERY OF A SHOPPING AND ENTERTAINMENT COMPLEX

В работе рассматриваются системы общеобменной вентиляции коридоров, соединяющих части торгово-развлекательного комплекса с различными функциями (галереи). Для оценки эффективности общеобменной вентиляции в галерее разработана геометрическая модель исследуемого объекта, расположенного в Санкт-Петербурге. Подача воздуха производится через сопловые воздухораспределители с конической струей типа SMK 500, установленные на высоте 4,5 метра над уровнем пола, удаление воздуха – через конические диффузоры типа ДКУ 400 на высоте 4,5 метра над уровнем пола. Построена расчетная сетка, которая сгущается в окрестностях воздухораспределителей. Численное моделирование процесса воздухообмена выполнено в программе STAR-CCM+. Представлены результаты численного исследования вентиляции в галерее. На основании моделирования доказана эффективность проектирования перемешивающей системы вентиляции в исследуемом помещении.

*Ключевые слова:* общеобменная вентиляция, торгово-развлекательные комплексы, математическое моделирование.

The paper considers the systems of general exchange ventilation of corridors connecting parts of a shopping and entertainment complex with various functions

(galleries). To assess the effectiveness of general exchange ventilation in the gallery, a geometric model of the object under study, located in St. Petersburg, has been developed. Air supply is carried out through nozzle air distributors with a conical jet of the SMK 500 type, arranged at a height of 4.5 meters above floor level, air removal is carried out through conical diffusers of the DKU 400 type, arranged at a height of 4.5 meters above floor level. A computational grid has been constructed, which thickens in the vicinity of the air distributors. Numerical simulation of the air exchange process was performed in the *STAR-CCM+* program. The results of a numerical study of ventilation in the gallery are presented.

Based on the simulation, the efficiency of designing a mixing ventilation system in the room under study is proved.

*Keywords:* general exchange ventilation, shopping and entertainment complexes, mathematical.

В торговых комплексах все пространство разделено на зоны по их функциональности, в которых необходимо обеспечивать индивидуальные параметры воздуха [1]. Однако, при проектировании систем вентиляции торговых комплексов не уделяется внимания требованиям к коридорам, соединяющим части торгово-развлекательного комплекса с различными функциями (галереи).

Чтобы организовать систему вентиляции, которая отвечает всем требованиям, нужно выполнить анализ здания, учитывая его архитектурные, конструктивные и функциональные особенности.

В качестве примера выполнено моделирование галереи на первом и втором этажах объекта в Санкт-Петербурге с числом посетителей 89 человек (серая зона на рис. 1) [2]. Площадь помещения на 1 этаже составляет 2162,6 м<sup>2</sup> высотой 5,44 метра. Площадь помещения на 2 этаже составляет 1839,9 м<sup>2</sup> высотой 5,8 метра.

Расчетные параметры наружного воздуха приняты согласно [3], параметры внутреннего воздуха приняты по [4].

Определены тепловые нагрузки (тепловыделения от людей, оборудования, солнечной радиации и освещения) и воздухообмены. Объемный расход приточного воздуха на 1 этаже – 22 910 м<sup>3</sup>/ч и на 2 этаже – 23 102 м<sup>3</sup>/ч. Температура приточного воздуха равна  $t_{пр} = 22$  °С.

## Секция теплогазоснабжения и вентиляции

а)



б)



Рис. 1. Планы торгово-развлекательного комплекса:  
а – первый этаж; б – второй этаж

С помощью программы *SolidWorks* создана 3D-модель галерей. Подача воздуха в помещение производится через сопловые воздухораспределители с конической струей типа SMK 500, установленные на высоте 4,5 метра над уровнем пола, и удаление воздуха – через конусные диффузоры типа ДКУ 600 на высоте 4,5 метра над уровнем пола.

Модель перенесена в *STAR-CCM+* и создана расчетная сетка, сечения и области сгущения сетки с более мелкими ячейками у воздухораспределителей. Установлены начальные и граничные условия и настроена модель.

Расчет производился до выравнивания графиков сходимости температуры, влагосодержания и  $\text{CO}_2$  на вытяжке.

Результаты расчета представлены в виде рисунков (рис. 2–9), отображающих поля распределения температуры, влагосодержания,  $\text{CO}_2$ , скоростей движения воздуха и линии тока.

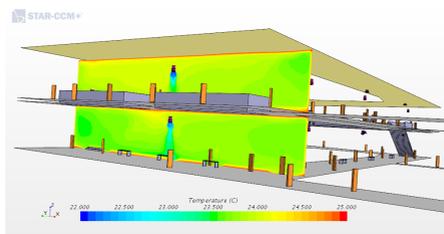


Рис. 2. Поля температуры воздуха в вертикальной плоскости

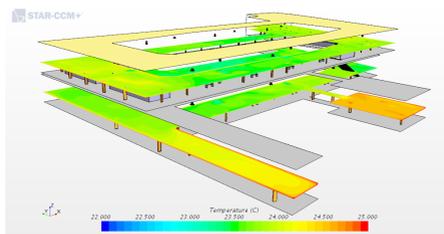


Рис. 3. Поле температуры воздуха в горизонтальных сечениях

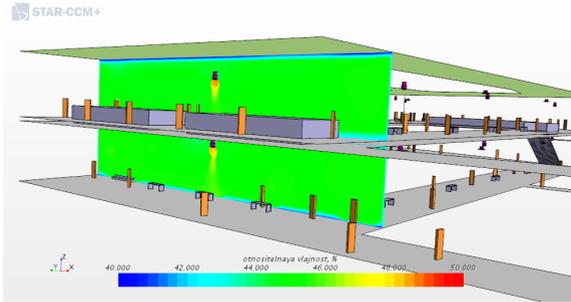


Рис. 4. Поля относительной влажности воздуха в вертикальной плоскости

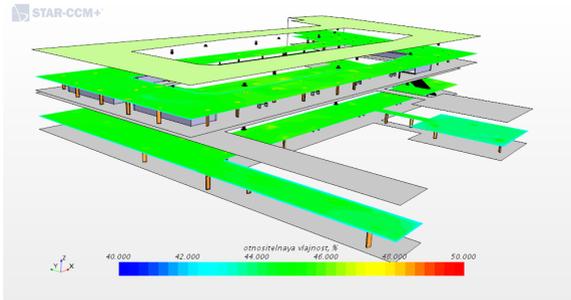


Рис. 5. Поле относительной влажности воздуха в горизонтальных сечениях

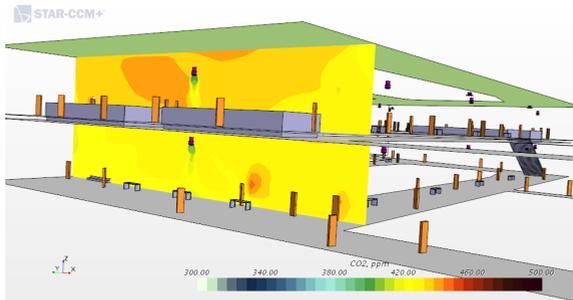


Рис. 6. Поля распределения CO<sub>2</sub> в вертикальной плоскости

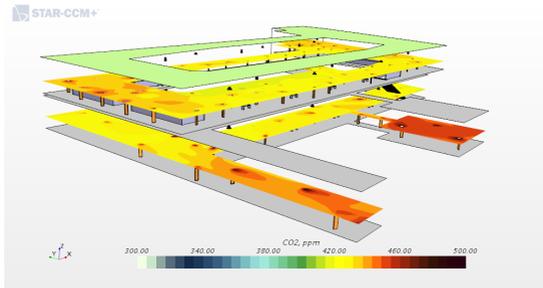


Рис. 7. Поле распределения  $\text{CO}_2$  в горизонтальных сечениях

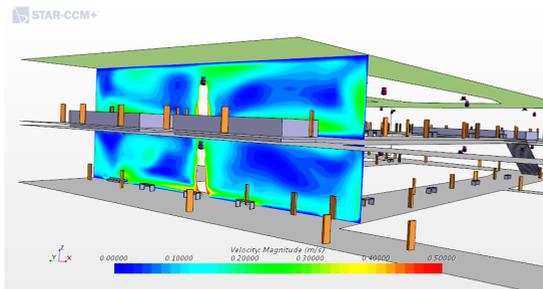


Рис. 8. Поля распределения скорости движения воздуха в вертикальной плоскости

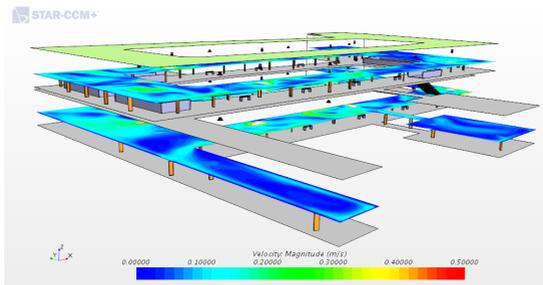


Рис. 9. Поле распределения скорости движения воздуха в горизонтальных сечениях

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующий вывод: перемешивающая система вентиляции справляется со своей задачей, а именно, обеспечивает требуемые параметры микроклимата внутри помещения. Полученные значения параметров микроклимата были сравнены со значениями, приведенными в [4, 5]:

На рис. 2 и 3 видно, что температура внутреннего воздуха находится в интервале  $t_v = 23,5 \div 24,5$  °С и является допустимой [4].

На рис. 4 и 5 видно, что относительная влажность воздуха в рабочей зоне  $\varphi = 45$  %, что соответствует норме (по [4] относительная влажность не должна превышать 65 %).

Из рис. 6 и 7 видно, что концентрация углекислого газа в помещении составляет 400÷500 ppm относительно концентрации CO<sub>2</sub> в наружном воздухе (CO<sub>2</sub>), что соответствует среднему качеству воздуха в помещении [4].

Из рис. 8 и 9 наглядно видно, что скорость движения воздуха в рабочей зоне преимущественно составляет 0,1 м/с, что является допустимым (согласно [4] подвижность воздуха в помещении не должна превышать 0,25 м/с).

Таким образом, в результате численного эксперимента доказано, что система вентиляции обеспечивает нормируемые параметры микроклимата внутри галереи [4, 5].

## Литература

1. СП 464.1325800.2019. Здания торгово-развлекательных комплексов. Правила проектирования. М.: Стандартинформ, 2020.
2. Гримитлин А. М., Дацок Т. А., Денисихина Д. М. Математическое моделирование в проектировании систем вентиляции и кондиционирования. СПб.: АВОК Северо-Запад, 2013. 192 с.
3. СП 131.13330.2020 Строительная климатология Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. № 859/пр).

4. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013.

5. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Минстрой России, 2020.

**УДК 536.27**

*Денис Вячеславович Зубков,*  
студент  
*Татьяна Анатольевна Рафальская,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный  
университет (Сибстрин))  
*E-mail: d.zubkov78@edu.sibstrin.ru,*  
*t.rafalskaya@sibstrin.ru*

*Denis Vyacheslavovich Zubkov,*  
student  
*Tatyana Anatolyevna Rafalskaya,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Novosibirsk State  
University of Architecture  
and Civil Engineering (Sibstrin))  
*E-mail: d.zubkov78@edu.sibstrin.ru,*  
*t.rafalskaya@sibstrin.ru*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ  
ТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА**

**SIMULATION OF OPERATING MODES  
OF A TUBULAR HEAT EXCHANGER**

В настоящее время расчеты переменных режимов теплообменных аппаратов производят при помощи постоянных параметров теплообменников  $\Phi$ , которые определяются один раз в расчетном режиме и далее считаются постоянными при любом режиме работы аппарата. Однако в формулах не учитывается влияние температур теплоносителей на коэффициент теплопередачи. Поэтому использование этих постоянных параметров при больших изменениях температур или расходов теплоносителей может привести к существенной ошибке в определении тепловой производительности или эффективности теплообменника.

Целью работы является создание модели теплообменника в ПК ANSYS Fluent для определения изменения параметра теплообменника  $\Phi$  в разных режимах работы трубчатого теплообменного аппарата и получение формул для выполнения инженерных расчетов.

*Ключевые слова:* теплообменный аппарат, режим работы теплообменника, параметр теплообменника, теплоноситель.

Currently, calculations of variable modes of heat exchangers are carried out using constant parameters of heat exchangers  $\Phi$ , which are determined once in the design mode and are then considered constant in any mode of operation of the device. However, the formulas do not take into account the effect of heat carrier's temperatures on the heat transfer coefficient. Therefore, the use of these constant parameters

for large changes in temperature or heat transfer flow rates can lead to a significant error in determining the thermal performance or efficiency of the heat exchanger.

The aim of the work is to create a heat exchanger model in the ANSYS Fluent PC to determine the change in the heat exchanger parameter  $\Phi$  in different operating modes of a tubular heat exchanger and to obtain formulas for performing engineering calculations.

*Keywords:* heat exchanger, heat exchanger operation mode, heat exchanger parameter, heat carrier.

## **Введение**

Кожухотрубные теплообменники – наиболее распространённый тип теплообменных аппаратов. Основные преимущества кожухотрубных аппаратов: универсальность по назначению (холодильники, подогреватели жидкости или газа, конденсаторы и кипятильники); простота конструкции; надёжность; широкий диапазон давлений и температур рабочих сред.

Недостатком кожухотрубных теплообменников является низкий коэффициент унификации (отношение числа узлов и деталей, одинаковых для всего размерного ряда, к общему числу узлов и деталей в аппарате). Поэтому кожухотрубные теплообменники мало технологичны в условиях производства широкого ряда типоразмеров.

Теплообменники «труба в трубе» или двухтрубные теплообменники применяются при небольших расходах теплоносителей. Такие теплообменники представляют собой набор последовательно соединённых друг с другом элементов, состоящих из двух труб: труба меньшего диаметра вставлена в трубу большего диаметра. Поверхности теплопередачи таких теплообменников, как правило, не более 20 м<sup>2</sup>. Проходные сечения данных теплообменников обеспечивают высокие скорости течения теплоносителей, следовательно, высокие коэффициенты теплопередачи.

Трубчатые теплообменные аппараты широко применяются в качестве сетевых, регенерационных и теплофикационных подогревателей на ТЭЦ, а также в химической промышленности. Обычно они работают при переменных расходах и температурах теплоносителей.

В настоящее время расчеты переменных режимов теплообменников производят при помощи постоянных параметров теплообменников  $\Phi_0$

$$\Phi_0 = \frac{kF}{\sqrt{W_{\min} W_{\max}}} = \frac{Q}{\Delta t \sqrt{W_{\min} W_{\max}}}, \quad (1)$$

где  $\Phi$  – безразмерная тепловая производительность аппарата, отнесенная к  $1^\circ\text{C}$  средней разности температур и единице расходов греющего и нагреваемого теплоносителей);  $kF$  – произведение коэффициента теплопередачи в расчетных условиях на площадь теплообменника, Вт/К;  $W_{\min}$ ,  $W_{\max}$  – расчетные эквиваленты расходов первичного и вторичного теплоносителей, Вт/К,  $W = cG$ , где  $G$  – расход теплоносителя, кг/с, а  $c$  – теплоёмкость;  $Q$  – расчетная тепловая мощность теплообменника, Вт;  $\Delta t$  – среднелогарифмическая разность температур теплоносителей,  $^\circ\text{C}$ , при противотоке определяется по формуле

$$\Delta t = \frac{\delta t_{\max} - \delta t_{\min}}{\ln \frac{\delta t_{\max}}{\delta t_{\min}}},$$

$\delta t_{\max}$ ,  $\delta t_{\min}$  – большая и меньшая разница температур теплоносителей на концах теплообменника.

Параметр теплообменника  $\Phi_0$  (1) определяется один раз в расчетном режиме и далее считается постоянными при любом режиме работы аппарата.

Однако в формулах не учитывается влияние температур теплоносителей на коэффициент теплопередачи. Поэтому использование этих постоянных параметров при больших изменениях температур [1] или расходов [2] теплоносителей может привести к существенной ошибке в определении тепловой производительности или эффективности теплообменника [3].

Поэтому задачей расчета является создание модели теплообменника в ПК Ansys Fluent для определения изменения параметра теплообменника  $\Phi$  в разных режимах работы теплообменника и получение зависимостей для выполнения инженерных расчетов.

В работе была построена модель теплообменника «Труба в трубе». Построена сетка из 434615 элементов, что позволяет достичь достаточно точных значений. В разделе Fluent осуществляется моделирование на основе уравнения энергии. В качестве исходных данных были заданы скорости  $w$  и температуры первичного  $t_{11}$  и вторичного  $t_{21}$  теплоносителей на входе в теплообменник, как функции, которые позволяют вывести параметрический расчет за пределы раздела Fluent в общую для ANSYS среду – Workbench. Там, соответственно был выполнен параметрический расчет для пяти режимов работы теплообменника. Для этих режимов были найдены температуры первичного  $t_{12}$  и вторичного  $t_{22}$  теплоносителей на выходе.

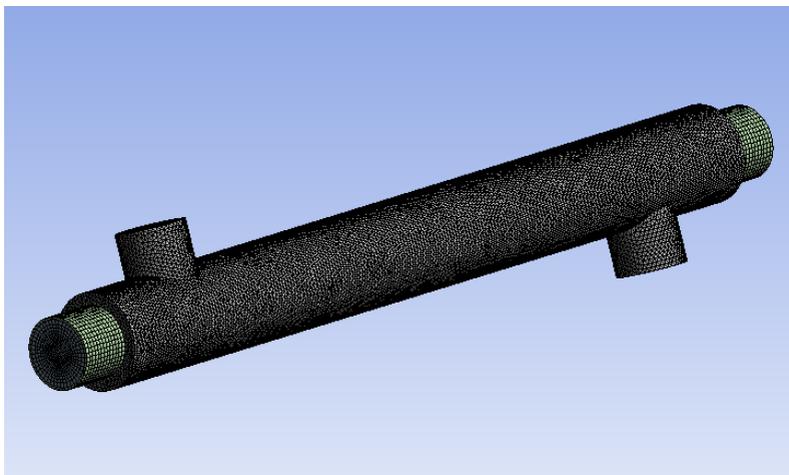


Рис. 1. Модель сетки теплообменника «труба в трубе»

Для всех режимов по формуле (1) определялось изменение параметра  $\Phi$  при изменении тепловой мощности теплообменника.

### 1. Результаты моделирования теплообменного аппарата

*1 режим – с постоянной температурой первичного теплоносителя.* Графики температур теплоносителей показаны на рис. 2, скоростей – на рис. 3, изменение параметра теплообменника  $\Phi/\Phi_0$  – на рис. 4.

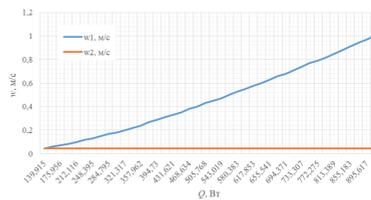
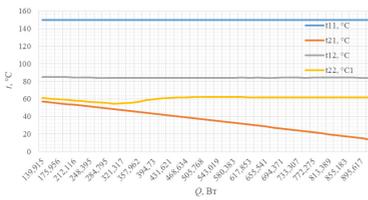


Рис. 2. Температуры теплоносителей

Рис. 3. Скорости теплоносителей

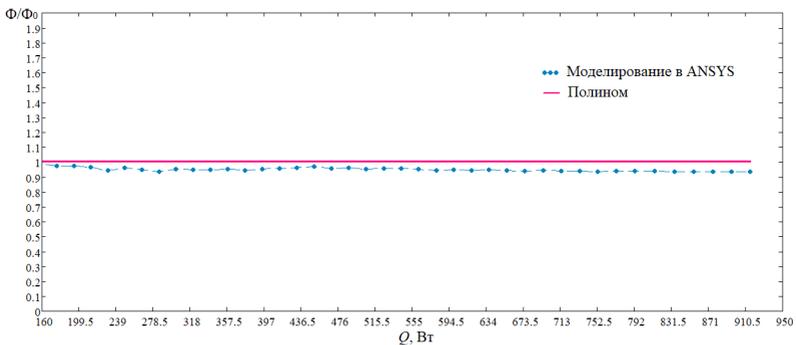


Рис. 4. Изменение относительного параметра теплообменника

*2 режим – при увеличивающейся температуре первичного теплоносителя с ростом тепловой мощности теплообменника.* Графики температур теплоносителей показаны на рис. 5, скоростей – на рис. 6, изменение параметра теплообменника – на рис. 7.

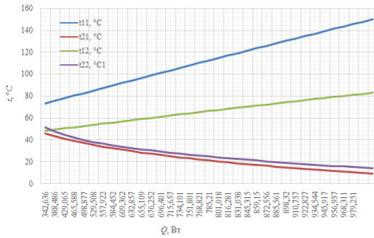


Рис. 5. Температуры теплоносителей

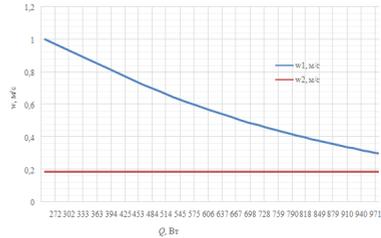


Рис. 6. Скорости теплоносителей

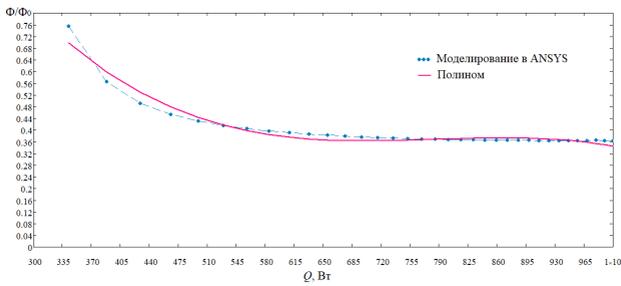


Рис. 7. Изменение относительного параметра теплообменника

*3 режим – при уменьшающейся температуре первичного теплоносителя с ростом тепловой мощности теплообменника. Графики температур теплоносителей показаны на рис. 8, скоростей – на рис. 9, изменение параметра теплообменника – на рис. 10.*

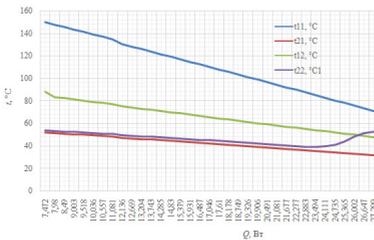


Рис. 8. Температуры теплоносителей

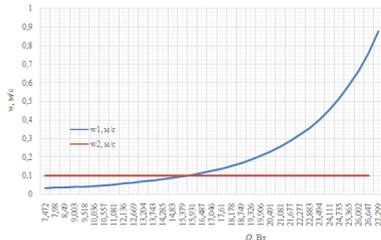


Рис. 9. Скорости теплоносителей

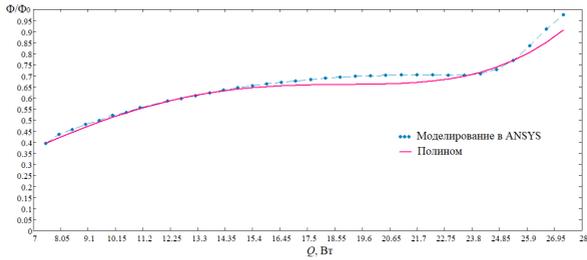


Рис. 10. Изменение относительного параметра теплообменника

4 режим – с постоянными температурами первичного и вторичного теплоносителей. Графики температур теплоносителей показаны на рис. 11, скоростей – на рис. 12, изменение параметра теплообменника – на рис. 13.

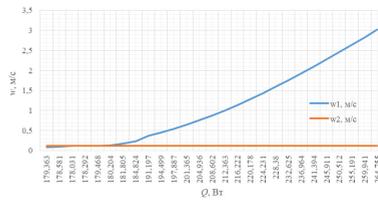
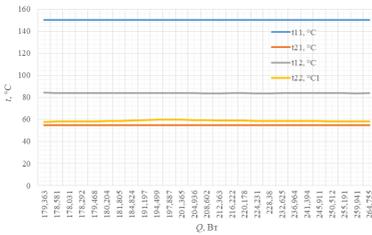


Рис. 11. Температуры теплоносителей

Рис. 12. Скорости теплоносителей

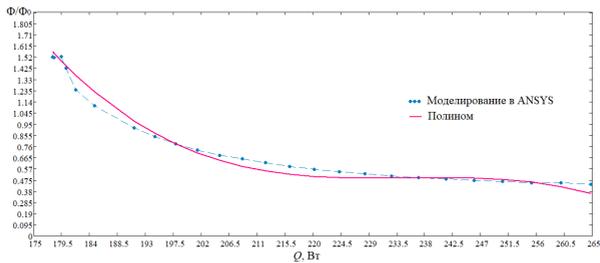


Рис. 13. Изменение относительного параметра теплообменника

5 режим – при постоянных скоростях (расходах) теплоносителей. Графики температур теплоносителей показаны на рис. 14, скоростей – на рис. 15, изменение параметра теплообменника – на рис. 16.

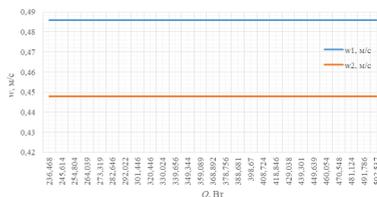
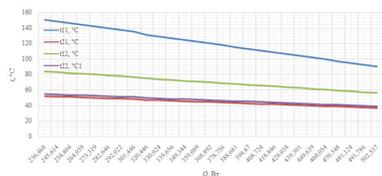


Рис. 14. Температуры теплоносителей      Рис. 15. Скорости теплоносителей

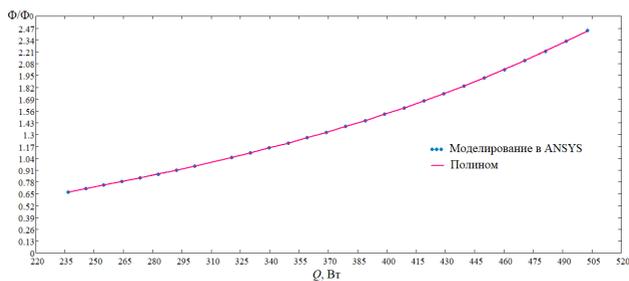


Рис. 16. Изменение относительного параметра теплообменника

## 2. Обсуждение результатов

Как показали результаты моделирования, параметр теплообменника можно принимать постоянным только при постоянной температуре первичного теплоносителя (см. рис. 4). В других режимах работы он может отклоняться от постоянного значения на десятки процентов. Поэтому применение существующих инженерных методов расчета, основанных на использовании постоянных параметров может привести к существенным ошибкам расчета тепловой производительности теплообменного аппарата в режимах работы, отличных от расчетных.

В то же время расчет режимов работы теплообменников в современных программных комплексах является трудоёмким, длительным по времени, что затрудняет оперативное регулирование и управление режимами работы теплообменников. К тому же при изменении типа или размеров теплообменника расчетную модель необходимо создавать заново. Поэтому по результатам моделирования были получены зависимости для выполнения инженерных расчетов.

- 1 режим:  $\Phi = \Phi_0 = \text{const}$ , рис. 4;

- 2 режим (рис. 7):

$$\Phi = 2,364 - 7,807 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 1,006 \cdot 10^{-5} \cdot Q - 4,272 \cdot 10^{-9} \cdot Q^3;$$

- 3 режим (рис. 10):

$$\Phi = 0,086 + 9,5 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 8 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 - 5,884 \cdot 10^{-4} \cdot Q^3 + 1,183 \cdot Q^4;$$

- 4 режим (рис. 13):

$$\Phi = 76,685 - 0,972 \cdot Q + 4,131 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 - 5,849 \cdot 10^{-6} \cdot Q^3;$$

- 5 режим:

$$\Phi = -0,402 + 6,247 \cdot 10^{-3} \cdot Q - 1,272 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2 + 2,296 \cdot 10^{-8} \cdot Q^3.$$

### Заключение

Получены формулы, позволяющие описать изменение параметра теплообменника в различных режимах работы теплообменного аппарата. Формулы могут применяться для расчета режимов работы теплообменников, отличных от расчетных. Формулы были получены для относительного параметра теплообменника, что позволяет использовать их для расчета теплообменников различных типов.

### Литература

1. Рафальская Т. А., Рудяк В. Я. О влиянии температур теплоносителей на параметр теплообменника в переменных режимах работы // Изв. Вузов. Строительство, 2019. № 10. С. 28–43.
2. Рафальская Т. А., Рудяк В. Я. Влияние расходов теплоносителей на параметр теплообменника при переменных режимах его работы // Вестн. МГСУ, 2019. Т. 14, вып. 5. С. 621–633.

3. Рафальская Т. А., Рудяк В. Я. О применимости соотношений с постоянными параметрами для расчета переменных режимов теплообменных аппаратов // Изв. Вузов. Строительство, 2018. № 8. С. 91–107.

УДК 697

*Егор Александрович Ильин,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: Egor.Ilin.98@bk.ru*

*Egor Alexandrovich Ilin,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: Egor.Ilin.98@bk.ru*

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММ STAR-CCM+ И SOLIDWORKS В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ МИКРОКЛИМАТА ЧИСТОГО ПОМЕЩЕНИЯ**

### **EXPERIENCE IN USING STAR-CCM + AND SOLIDWORKS PROGRAMS IN THE COURSE DESIGN OF CLEAN ROOM MICROCLIMATE PROCESSES**

В статье описывается необходимость использования математического моделирования в различных отраслях производства. Представлен сравнительный анализ результатов параметров микроклимата чистого помещения с нормативными значениями, полученные в программе Star-CCM+. На его основе подтверждается необходимость CFD-моделирования для модернизации и улучшения процессов производства. Также приводится подтверждение конкурентоспособности тех компаний, которые используют программы численного моделирования. Приведен пример курсового проектирования с использованием программ Star-CCM+ и SolidWorks.

*Ключевые слова:* Star-CCM+, SolidWorks, CFD-моделирование, микроклимат, чистое помещение.

The article describes the need to use mathematical modeling in various industries. A comparative analysis of the results of the microclimate parameters of a clean room with standard values obtained in the Star-CCM + program is presented. On its basis, the need for cfd modeling for the modernization and improvement of the production process is confirmed. It also provides confirmation of the competitiveness of those campaigns that use numerical simulation programs. An example of course design using Star-CCM + and SolidWorks programs is given.

*Keywords:* Star-CCM+, SolidWorks, CFD-modeling, microclimate, clean room.

Математическое моделирование процессов микроклимата получило широкое распространение относительно недавно с появлением программ STARCCM+, STAR-CD, FLUENT, CFX, Ansys и др. Принцип работы данных программ опирается на вычисление исходной системы дифференциальных трехмерных уравнений Навье-Стокса [1].

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + \nu \nabla^2 \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f}. \quad (1)$$

Актуальность использования математического моделирования объясняется прогнозированием возможных вариантов исхода процессов и дальнейшим устранением выявленных ошибок. Математические модели используются в строительстве, медицине, фармацевтике, машиностроении и др. В свою очередь многие крупные кампании понимают, что для улучшения выпускаемой продукции и соответствия энергоэффективности, экономичности необходимо каждый раз совершенствовать и модернизировать продукт (рис. 1).



Рис. 1. Зависимость целей и значения численного моделирования

Моделирование процессов микроклимата помогает выявить неэффективность инженерных систем на стадии проектирования, либо эксплуатации. Спектр решаемых задач CFD-моделированием разнообразен – решение скоростных, температурных, влажностных задач, определение концентрационных полей воздушной среды и энергетического моделирования инженерных систем здания.

В рамках курсового проекта была поставлена задача исследования эффективности действующей системы вентиляции чистого помещения фармацевтического производства, где происходит приготовление лекарственных форм. На основе анализа осуществлена проверка параметров микроклимата по температуре, скорости воздуха в рабочей зоне, влажности, концентрации  $\text{CO}_2$  с нормативными документами [2].

В программном комплексе Solid Works созданы расчетные модели воздухораспределителя, экспериментального помещений, реального помещения с оборудованием и людьми для импортирования в Star CCM+.

Также создана точная копия воздухораспределителя в соответствие с каталогом [3].

Ламели воздухораспределителя направлены под углом  $30^\circ$  градусов по отношению к крышке, к которой крепятся ламели. Ламели направлены по часовой стрелке в количестве 24 штук. В данной 3D модели не предусмотрена перфорированная заслонка для стабилизации и равномерного распределения воздушного потока, это учитывается за счет подачи воздуха по всей поверхности верхней крышки статической камеры.

Для визуальной проверки настиления струи по поверхности потолка при определенных физических параметрах воздуха и для корректности задания граничных физических условий, значений для измельчения сетки в Star CCM+ в Solid Works создана модель экспериментального помещения размерами 10 метров в ширину, 10 метров в длину, 10 метров в глубину. Вытяжные отверстия размером  $200 \times 100$  мм расположены на 100 мм ниже потолка.

Реальное помещение также создано в 3-D модели SolidWorks со всеми проектными размерами и проектным расположением оборудования, вихревых диффузоров и вытяжки.

Все объекты исследования представлены на рис. 2.

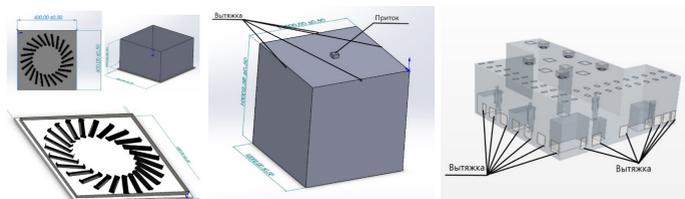


Рис. 2. Объекты исследования (слева направо): Трох VDW 600×24; экспериментальное помещение 10×10×10; помещение приготовления лекарственных форм

В курсовом проекте вентиляция только перемешивающая. Воздухообмен рассчитан на смешение и удаление теплоизбытков от людей, оборудования, освещения и на влаговыведение от людей [4]. После построения объектов исследования в SolidWorks необходимо осуществить выгрузку в Star-CCM+.

Перед запуском моделирования необходимо осуществить постановку задачи. Значения воздухообмена задаем как в проекте по кратности на притоке и на вытяжке. Тепловыделения от оборудования, освещения по техническому заданию на проектирование. Тепловыделения и влаговыведения от людей по [5] при категории работ по уровню энергозатрат Пб при температуре окружающего воздуха 25 °С. Значения тепловыделений, влаговыведений, концентрации CO<sub>2</sub> представлены в табл. 1.

Параметры приточного и вытяжного воздуха одного воздухо-распределителя представлены в табл. 2.

Перед началом расчета в Star-CCM+ необходимо построить сетку для каждого объекта исследования, а уже после задается граничными условиями. Базовый размер ячейки 0,1 м. Также по всей зоне настиления струи созданы объемные сетки с мельчением 25 % и 25/2 % (рис. 3).

Таблица 1

**Исходные значения**

Наименование	Тепловыделение, Вт	Влаговыведение, кг/ч	Концентрация CO <sub>2</sub> , кг/с
Оборудование	4000	–	–
Освещение	500	–	–
Люди	252	0,185	0,0489
Сумма	4500	–	–

Таблица 2

**Параметры приточного и удаляемого воздуха расчетного помещения**

	Расход воздуха м <sup>3</sup> /ч (кг/с)	Температура, °С	d, кг/м <sup>3</sup> *С	CO <sub>2</sub> , кг/м <sup>3</sup> *С
Приток	621 (0,207)	20	0,075	0,00061
Вытяжка	621 (0,207)	24	0,075	0,00061

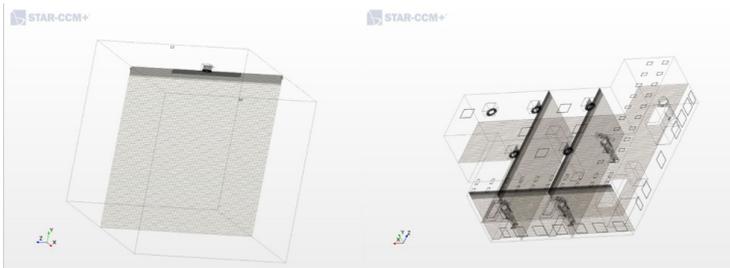


Рис. 3. Расчетная сетка для объектов исследования

Для того чтобы проверить при каких параметрах подающий воздух будет настилаться на потолок, и задача будет сходиться, импортируем 3-D модель экспериментального помещения в Star CCM+. В граничных условиях задаем параметры из таблицы 1 и 2

и задаем 1500 Вт тепловыделений в объеме от освещения. При неизотермическом режиме приточный воздух будет смешиваться с внутренним и за счет разности плотностей настилаться на потолок.

### Объект исследования 1

После 2700 итераций график Residuals, скорости в точках сравнялись, и температура на вытяжке не превышает значения разности между подающим и приточным воздухом для перемешивающей вентиляции в 5–10 °С.

Можно сделать вывод, что при данном расходе воздуха вихревой диффузор работает в соответствии с заявленными характеристиками для одного воздухораспределителя. Также не превышает допустимых значений скорости, уровня шума и струи равномерно распределяются по потолку. Соответственно значения сетки, граничные условия подобраны верно и можно приступать к моделированию в реальных проектных условиях при данных значениях.

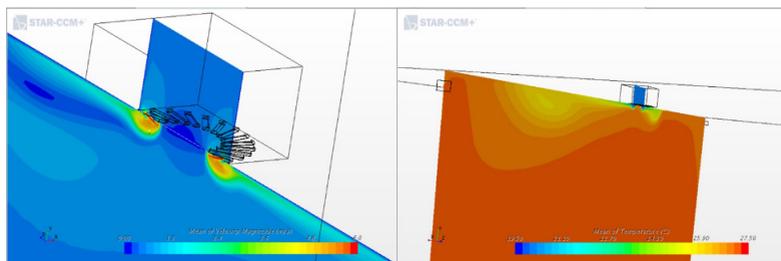


Рис. 4. Скаляр температуры и скорости воздухораспределителя

### Объект исследования 2

После 2700 итераций графики Residuals, температура на вытяжке,  $\text{CO}_2$  на вытяжке, влагосодержание на вытяжке выровнялись следовательно можно приступать к обработке результатов.

Результаты расчета представлены в виде скаляров по температуре, скорости, относительной влажности, влаговыделения и концентрации  $\text{CO}_2$  (рис. 5).

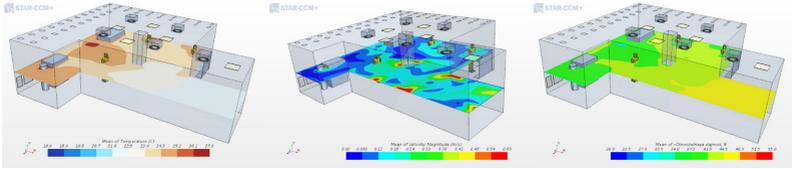


Рис. 5. Скаляры параметров (температуры, скорости, относительной влажности, влаговыделения, концентрации  $\text{CO}_2$ )

Сравнительный анализ смоделированных, проектных, нормативных значений представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Сравнительный анализ**

Параметры микрокл.	Проектные значения	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин	Star CCM+
$t_{в}, ^\circ\text{C}$	19–25	15,0–16,9	19,1–22,0	20–27
$\varphi_{в}, \%$	20–60	15–75	15–75	27–48
$v_{в}, \text{м/с}$	0,07–0,2	До 0,2	До 0,4	До 0,6
$d, \text{г/кг}$	–	–	–	7,4–7,8
$\text{CO}_2, \text{ppm}$	–	–	–	400–550

Исходя из сравнительного анализа смоделированные значения в Star CCM+ в рабочей зоне входят в диапазон допустимых значений по температуре, относительной влажности и скорости по [5].

Смоделированные значения в Star CCM+ в рабочей зоне по температуре, скорости, относительной влажности не входят в оптимальные значения по [5]. Смоделированные значения в Star CCM+ в рабочей зоне по температуре, относительной влажности сходятся с проектными значениями, но не сходятся с проектными значениями скорости.

Для достижения оптимальных параметров микроклимата необходимо увеличить количество воздухораспределителей, также можно изменить направление ламелей для увеличения объема вихревого потока приточного воздуха, либо подобрать воздухораспределитель с большим количеством направляющих ламелей [6].

Поставленная задача исследования воздухообмена была выполнена. На основе результатов моделирования предложены улучшения системы вентиляции для достижения нормативных значений. На примере моделирования процессов микроклимата чистого помещения доказана актуальность использования программных комплексов на основе CFD-моделирования.

### **Литература**

1. Ferziger J. H., Peric M Computational method for fluid dynamics. Berlin, Heidelberg. 1999. 389 p.
2. Ильин Е. А. Особенности проектирования систем кондиционирования и вентиляции чистых помещений в асептическом фармацевтическом производстве // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений. Курск.: ЮЗГУ, 2020. С. 123–129.
3. Каталог продукции «TROX». URL: <https://www.trox.ru/-vbw-d30dfad8-d7b64f2c> (дата обращения 08.02.2021).
4. EU GGMP (Guide to Good Manufacturing Practice). URL: [https://ec.europa.eu/health/documents/eudralex/vol-4\\_en](https://ec.europa.eu/health/documents/eudralex/vol-4_en) (дата обращения 11.02.2021).
5. СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – Взамен СанПин 2.2.4.548-96; введ. 2021- 03-01. – М.: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ, 2021. 990 с.
6. ГОСТ Р ИСО 14644-1 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 2: Проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию. – М.: АСИНКОМ, 2002.

**УДК. 697.34**

*Люция Аликовна Львова,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*Алексей Семенович Львов,*  
ст. преподаватель  
(Мирнинский политехнический институт  
(филиал) Северо-Восточного федерального  
университета им. М. К. Аммосова)  
*E-mail: lvova.lyutsiya@mail.ru,*  
*as.lvov@s-vfu.ru*

*Lyutsiya Alikovna Lvova,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*Alexey Semyonovich Lvov,*  
senior lecturer  
(Mirny Polytechnic Institute  
(Branch), M. K. Ammosov  
North-Eastern Federal University)  
*E-mail: lvova.lyutsiya@mail.ru,*  
*as.lvov@s-vfu.ru*

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ В СУРОВЫХ УСЛОВИЯХ  
ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

**INCREASING ENERGY EFFICIENCY  
IN HEAT NETWORKS IN THE HARD CONDITIONS  
OF EASTERN SIBERIA**

Рассмотрены пути повышения энергоэффективности теплоснабжения в малом и среднем населенных пунктах Восточной Сибири на примере с. Териут Республики Саха (Якутия), проведена оценка состояния существующих тепловых сетей. При выборе энергосберегающих мероприятий необходимо учитывать сложную систему факторов. По результатам аналитического анализа выявлены потенциальные способы повышения энергоэффективности. На сегодняшний день в Республике Саха (Якутия) идет активная централизация теплоснабжения удаленных от центра населенных пунктов. Несомненно, в суровых условиях многолетних мерзлых грунтов одной из самых важных задач является повышение надежности систем теплоснабжения, а также повышении энергоэффективности и энергосберегающих мероприятий.

*Ключевые слова:* система теплоснабжения, энергоэффективность, Республика Саха (Якутия), теплоноситель, потери теплоты, вечномерзлые грунты.

The ways of increasing the energy efficiency of heat supply in small and medium-sized settlements of Eastern Siberia are considered on the example of p. Teryut of the Republic of Sakha (Yakutia), an assessment of the state of existing heating

networks was carried out. When choosing energy-saving measures, it is necessary to consider a complex system of factors. Based on the results of the analytical analysis, potential ways to improve energy efficiency were identified. To date, in the Republic of Sakha (Yakutia) there is an active centralization of heat supply to settlements remote from the center. Undoubtedly, in the harsh conditions of permafrost, one of the most important tasks is to increase the reliability of heat supply systems, as well as to increase energy efficiency and energy saving measures.

*Keywords:* heat supply system, energy efficiency, Republic of Sakha (Yakutia), heat carrier, reduction of heat losses, permafrost soils

Обычно энергоэффективность понимается как реализация правовых, научно-производственных, технических и экономических мер по эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов и внедрение возобновляемого источника энергии в хозяйственную деятельность. Меры могут быть пассивными, применение наиболее энергоэффективного типа теплоизоляции; активными, утилизация сбросной тепловой энергии; организационными, замена одного вида топлива на другой более энергоэффективный [1].

Для строительства в условиях суровой Сибири необходимы особые способы и технологии. Низкие температуры, а также большие потери тепла не являются единственной причиной осложнения строительного процесса. Особенность северных регионов заключается в глубинном промерзании грунтов и почв – вечная мерзлота. Вечномерзлые грунты – грунты, находящиеся в мерзлом состоянии в течение трех и более лет. Они представляют собой ярко выраженные структурно-неустойчивые грунты, так как при их оттаивании происходят просадки в результате нарушения природной структуры [2, 3]. Общая локализация покрытия вечной мерзлотой в нашей стране равна около 10,6 млн. км<sup>2</sup>, что составляет большую половину, а точнее 62 % от территории России. Такие грунты различают на сплошные (более 90 % площади), прерывистые (50–90 %) и островные (10–50 %). Территории распределения повсеместной, локальной и участковой вечной мерзлоты с указанием глубины промерзания (рис. 1).



Рис. 1. Распространение вечномёрзлых грунтов в России

На данный момент разработка схем теплоснабжения городских округов и сельских поселений является актуальной и важной задачей, поскольку существующее проблемное состояние теплоэнергетических объектов большинства регионов России – препятствие на пути дальнейшего развития экономики страны [4].

Одной из самых остро стоящих проблем перед народным хозяйством России, является низкий КПД систем теплоснабжения. По официальным данным, 31 % источников тепловой энергии и 68 % тепла сети эксплуатируются с превышением нормативного срока службы. В некоторых тепловых сетях потери достигают 80 % [5]. Такая ситуация приводит к серьезным экономическим и экологическим последствиям (рис. 2).



Рис. 2. Состояние тепловой сети в Якутии

В Восточной Сибири основным топливом является уголь. Роль угольного вида топлива на протяжении многих десятков лет является и по сей день основой мировой энергетики. Традиционно ее развитию способствовала относительно невысокая стоимость угля как энерготоплива, создание занятости в угледобывающих регионах и повышение уровня энергобезопасности благодаря хорошей обеспеченности запасами угля и возможности его хранения. В то же время сегодня перед угольной генерацией встают серьезные проблемы: в большинстве стран ужесточаются экологические требования к чистоте воздуха от локальных загрязнителей, а уже в 46 странах и в 26 субнациональных образованиях оказывается давление из-за сопутствующего углеродного следа. Удешевление альтернативных источников и введение углеродных платежей в некоторых странах начинает вытеснять данный вид топлива экономически [6].

При централизованном теплоснабжении тарифы на тепловую энергию от высокоэффективных ТЭЦ в крупных городах составляют около 1947,79 руб./Гкал. У потребителей, питаемых от малых и средних котельных в небольших населенных пунктах уровень тарифов варьируется от 2564,82 руб./Гкал на центральные районы Республики Саха (Якутии) и до 8178,94 руб./Гкал на более отдаленные (северные) районы [7].

Рассмотрим влияние системных факторов на динамику тарифов на тепловую энергию на примере села Терют Оймяконского улуса Республики Саха (Якутия). Село находится в восточной части Якутии, в пределах Оймяконской впадины, в левобережной части долины реки Индигирки, на расстоянии около 64 километров (по прямой) к юго-западу от посёлка городского типа Усть-Нера, административного центра улуса. Улус имеет в пользовании 17 котельных от ОАО «Теплоэнергосервис», работающих на угольном топливе. Протяженность тепловых сетей составляет 62,3 км. Поставщиками жилищно-коммунальных услуг являются:

1. Оймяконский филиал ОАО «Теплоэнергосервис» (тепловая энергия, горячее водоснабжение, холодное водоснабжение);
2. ОАО «Сахаэнерго» ДЭС, п. Куйдусун (тепловая энергия, горячее водоснабжение);
3. МУП ДЕЗ «Усть-Нера» (водоотведение);
4. МУП «Хотой» (вывозная канализация).

В наслеге наблюдается износ тепловых сетей, а также самой котельной 1970 года постройки. Тепловые потери в сетях теплоснабжения составляют около 18,7 %. Потребление котельной равно 2,4 %. Эти факторы приводят к увеличению удельного расхода топлива по высокому тарифу. Побочные эффекты подобного регулирования заключаются в низкой надежности и последующем ухудшении состояния систем теплоснабжения. Низкая заработная плата и удаленность населенного пункта способствует дефициту квалифицированные кадры [8]. Из-за использования устаревшего оборудования увеличиваются потери в сетях и расходы на собственные нужды. Физический износ оборудования требует включения этих компонентов. В настоящее время платежи за выбросы и золоотвалы относительно невелики. Однако с ужесточением экологических ограничений эти расходы также увеличатся.

Одним из ключевых направлений реформирования рынка тепловой энергии – это переход на альтернативный вид топлива. Например, использование пеллет. Их следует использовать для автономного источника тепловой энергии или для небольшой группы

абонентов. Необходимо принимать во внимание высокое количество теплопотерь, а также высокие эксплуатационные расходы, поэтому использование местной выработки тепла в частных случаях предпочтительнее, чем подключение к централизованному теплоснабжению. Экономически обоснованные затраты на тепловую энергию вырабатываемой при использовании автономного источника тепла на пеллетах ниже, чем от существующих угольных котельных. Производство пеллет в том же поселке из местного сырья может снизить стоимость еще больше. Леса в Якутии по площади, запасу и преобладающим породам размещены крайне неравномерно, степень облесенности территории колеблется от 93 % в южных улусах, до 25 % – в северных. Следовательно, внедрение технологий утилизации отходы лесопереработки носят актуальный характер. В регионах со значительными объемами лесозаготовок и лесоматериалов переработки стоимость использования пеллет также снижается за счет исключения склада для их хранения.

Рассмотрим преимущества топливных пеллет: является полностью экологически чистым сырьем, следовательно при горении выделяются минимальные выбросы в воздушный бассейн; горят дольше, чем дрова почти в 3 раза; практичны и удобны в хранении, минимум занимаемой площади, отсутствие запаха; высокая сопоставимая с каменным углем теплотворная способность, в среднем в 2 раза больше, в сравнении с обычными сухими дровами [9].

Также необходимо выполнить следующие задачи для более энергоэффективной работы систем теплоснабжения:

1. Заменить существующую котельную на другую, отвечающую современным требованиям. Например, строительство модульной котельной.

2. Провести реконструкцию тепловых сетей. Необходимо устранить утечку теплоносителя из тепловых сетей; минимизировать потери тепла через тепловую изоляцию; провести корректировку гидравлических режимов сетей централизованного теплоснабжения.

Заключение: Теоретический анализ существующих систем теплоснабжения позволяет оценить их состояние и предложить

дальнейшие перспективы развития в целях энергосбережения и энергоэффективности. Целесообразно оптимизировать схемы теплоснабжения. Во многих случаях перспективным является внедрение модульных котельных, работающих на таком экологически чистом топливе, как pellets. В ближайшем будущем рекомендуется рассмотреть перспективы использования газа в качестве источника теплоснабжения северных населенных пунктов. Эти меры могут обеспечить значительное улучшение экономической, социальной и экологической ситуации в Восточной Сибири.

### Литература

1. Молодежникова Л. И. Энергосбережение в теплоэнергетике теплотехнологиях / Л. И. Молодежникова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 205 с.
2. Салаватов С. Ю. Характеристика мерзлых грунтов при инженерно-геологических изысканиях // Символ науки: международный научный журнал. 2017. № 1. С. 32–34.
3. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095545> (дата обращения 14.03.2022).
4. Левашов С. А. Теплоизоляция в теплоснабжении, как способ энергосберегающей политики // Сборник научных статей Всероссийской научной конференции Проблемы и развития России: молодежный взгляд в будущее. 2018. № 1. С. 259–260.
5. Перов А. Зачем реформа теплоснабжения? Подробнее: <https://eadaily.com/ru/news/2016/06/18/reforma-teplosnabzheniya-v-rossii-esli-nichego-ne-delat-tarify-tozhe-budut-rasti> (дата обращения 15.03.2022).
6. Янковский А. Б. На пути в чистое будущее: что ждёт российский уголь в Китае? // энергетическая политика. 2019. № 3. С. 10–17.
7. Тарифы на тепловую энергию для потребителей ПАО «Якутскэнерго» на 2020–2023 г. URL: [https://www.yakutskenergo.ru/opening\\_information/reg\\_goods/teplo.php](https://www.yakutskenergo.ru/opening_information/reg_goods/teplo.php) (дата обращения 16.03.2022).
8. Хан В. В., Деканова Н. П., Романова Т. А., Шараева С. А. Комплексный анализ эффективности энергосберегающих мероприятий для объектов социальной сферы Восточной Сибири на основе системного подхода // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость 2017. № 1. С. 84–93.
9. Инверторное отопление дома, что и как работает URL: <https://bashny.net/tag/котёл/page2/> (дата обращения 17.03.2022).

**УДК 697.1**

*Елизавета Дмитриевна Павленко,*  
студент  
*Егор Владимирович Хромов,*  
студент  
(Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет)  
*Кирилл Игоревич Лушин,*  
канд. техн. наук  
(НИИ строительной  
физики РААСН)  
*E-mail: hvac@mail.ru*

*Elizaveta Dmitrievna Pavlenko,*  
student  
*Egor Vladimirovich Chromov,*  
student  
(National Research  
Moscow State University  
of Civil Engineering)  
*Kirill Igorevich Lushin,*  
PhD in Sci. Tech.  
(Research Institute of Building  
Physics of the RAASN)  
*E-mail: hvac@mail.ru*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ  
ТЕПЛОТЫ С УЧЁТОМ РЕЖИМА  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ  
СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

**DESIGN OF HEAT SOURCES WITH CONSIDERING  
THE USE OF HEAT LOAD BY HEATING  
AND VENTILATION SYSTEMS**

В зависимости от состава потребителей и режима их работы становятся возможными различные технические решения по конструкции, составу оборудования, установочной мощности и другим ключевым характеристикам источника теплоты.

В условиях, когда необходимая тепловая мощность источника близка к среднему значению за период, эта потребность должна быть обеспечена максимально эффективным источником. В то время, как в условиях пиковых нагрузок можно допустить применение дополнительных источников высокой мощности без учета требований повышенной эффективности при условии минимизации величины капитальных затрат.

Предложенный в работе графо-аналитический метод позволяет в наглядном виде обосновывать проектные решения для источника теплоснабжения.

*Ключевые слова:* теплоснабжение, климатические параметры, тепловая мощность, энергосбережение, отопление, вентиляция, горячее водоснабжение.

Depending on the composition of consumers and their mode of operation, various technical solutions for the design, composition of equipment, installed capacity and other key characteristics of the heat source become possible. In conditions when the required thermal power of the source is close to the average value for the period, this need should be provided by the most efficient source. At the same time, under conditions of peak loads, it is possible to allow the use of additional sources of high power without taking into account the requirements for increased efficiency, provided that the value of capital costs is minimized. The graphical-analytical method proposed in the work makes it possible to visually substantiate design solutions for a heat supply source.

*Keywords:* heat supply, climatic parameters, thermal power, energy efficiency, heating, ventilation, hot water supply

Современные генераторы тепловой энергии могут достигать высоких показателей эффективности, однако, как правило, требуют существенных первоначальных вложений. При этом анализ предложения оборудования показывает нелинейный характер изменения его стоимости в линейке производителя или поставщика. На ценообразование может влиять множество различных факторов. От востребованности конкретных типов и моделей на локальном рынке, наличия локализации производства, особенностей международной логистики, до чисто маркетинговых соображений, которые чаще всего носят не публичный характер и не могут подвергаться анализу проектировщиком. Не редкой может быть ситуация, когда оборудование малой и средней мощности в условиях жесткой конкуренции на рынке предлагается по привлекательной цене и все технико-экономические расчеты оказываются в пользу применения именно такого оборудования. Характерным примером может быть набирающее популярность решение по использованию тепловых насосов в системах снабжения тепловой энергией зданий. Как правило – это сложное и дорогое оборудование, продукт предприятий точного машиностроения, которое позволяет потребителю существенно экономить в круглогодичном режиме на отоплении и подогреве воды для систем горячего водоснабжения. Значительное противоречие в технико-экономическом

анализе применения такого источника теплоты заключается в существенной разнице нормативно-требуемой установочной мощности установки и ее фактической нагрузке в течение периода использования [1]. Ориентируясь на удовлетворение потребности здания в теплоте в расчетных условиях приходится применять оборудование из категории наиболее производительного, что в значительной степени перераспределяет затраты на обеспечение жизненного цикла здания в сторону капитальных затрат и не только существенно увеличивает срок возможной окупаемости оборудования повышенной энергетической эффективности, но и создает риск реализации совершенно неоправданного с экономической точки зрения решения. Еще одним важным ограничением применения теплового насоса для теплоснабжения оказывается величина расчетной температуры наружного воздуха, при которой установке предстоит обеспечивать теплотой потребителей. Чем ниже эта температура [2, 3], тем ниже эффективность преобразования электрической энергии в тепловую. Кроме того, производители в стремлении обеспечить работу оборудования в максимально широком диапазоне нагрузок и температур постоянно его усложняют и дополняют различными дорогостоящими опциями. При этом следует учесть, что именно в расчетных условиях это оборудование будет работать в полной мере лишь считанные дни в течение всего сезона использования. В остальное время, будет задействована лишь часть потенциала установки. Однако совсем не обязательно, что эффективность установки будет так же велика, а высокий коэффициент полезного действия будет сохраняться для разных ступеней мощности. При этом капитальные затраты на установку будут несравнимо более высоки.

Возможным разрешением описанного противоречия будет использование гибридной или комбинированной схемы выработки тепловой энергии. В таком случае базовую тепловую потребность будет удовлетворять установка, работающая в режиме своей максимальной эффективности и оптимизированная по стоимости так, чтобы приобретаться из основной линейки поставщика,

с максимальной локализацией производства или складирования, отказом от избыточных опций. Надо отметить, что выполнение перечисленных условий еще и положительно сказывается на сроках поставки и оперативности сервисного обслуживания приобретенного оборудования. В условиях же расчетных температур наружного воздуха, которые, как правило, существенно ниже средних или реальных фактических значений, разность тепловой мощности основного оборудования и кратковременно возникающей потребности теплоты на компенсацию тепловых потерь должна возмещаться пиковым источником теплоты. К такому источнику могут не применяться строгие экономические, технические или даже экологические требования. Основным критерием надежности должна стать надежность, простота запуска и минимальная начальная стоимость. Для объектов, не испытывающих на себе дефицита выделенной электрической мощности это могут быть устройства, прямо преобразующие электрическую энергию в тепловую на спиральных нагревателях. Например, электрические котлы или конвекторы. Для удаленных загородных объектов, где нет высоких требований по ограничению выброса дымовых газов, таким решением могут стать тепловые генераторы на твердом или жидком топливе. Желательно, с возможностью дистанционного или автоматического включения. Твердое топливо сравнительно неудобно с точки зрения технологии подачи для сжигания, а котлы с автоподачей гранулированного твердого топлива и котлы длительного горения трудно отнести в категорию оборудования с низкой стоимостью. А вот решения на жидком топливе могут быть проще, надежнее и дешевле, сохраняя в качестве недостатка лишь высокую стоимость топлива и обильные выбросы дымовых газов с высокой концентрацией вредных и сильно пахнущих примесей. Впрочем, следует помнить, что происходит это будет лишь в редкие дни наиболее сильных похолоданий.

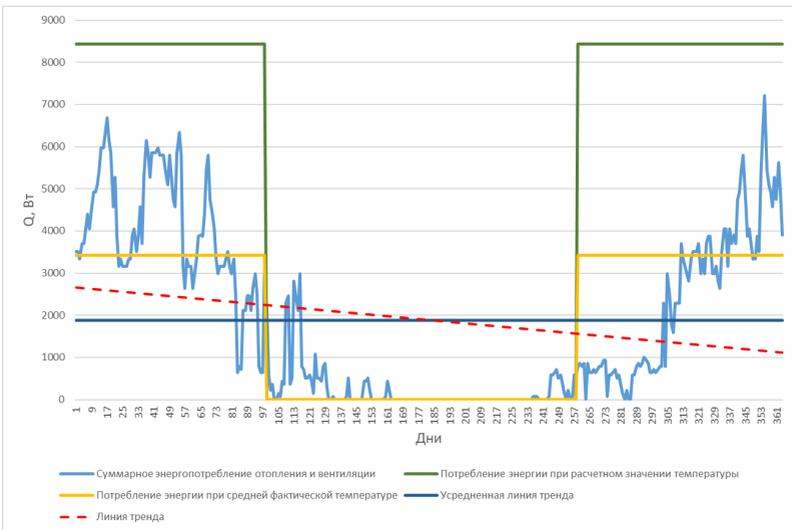
Вести анализ возможного применения гибридных или комбинированных источников тепловой энергии следует с учетом структуры и режима потребления энергии всеми системами здания [4, 5].

Очевидно, что нагрузка на систему отопления [6] и подогрев приточного воздуха в системе вентиляции будет прямо зависеть от температуры наружного воздуха. Нагрузка же, порождаемая системой горячего водоснабжения, будет хотя и круглогодичной, но сильно переменной в течении суток и зависящей от привычек, режима дня и образа жизнедеятельности потребителей, использующих помещения проектируемого здания.

На рисунке в графическом виде представлено распределение по году тепловых нагрузок [7] на системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Хорошо видно, что часть нагрузки носит выраженный переменный характер и зависит от температуры наружного воздуха. В то время, как нагрузка от системы ГВС не изменяется как в течение года, так и по дням. Привычки пользователя устоявшиеся и не подвержены колебаниям. Следует подчеркнуть, что в настоящем исследовании использовались фактические данные по изменениям температуры наружного воздуха для города Москва в период с 01.01.2021 по 31.12.2021 года. Такой подход с одной стороны не позволяет сделать многолетние обобщения, но с другой – достаточно наглядно показывает разницу между установочной мощностью источника теплоты и реально востребованной его производительностью. В любом случае, расширив диапазон применяемых данных до 5–7 лет можно получить и более общую картину. Все эти данные накоплены и доступны для использования.

Анализ фактически востребованной мощности источника теплоты в течение года удобно вести построением линии тренда. Это позволяет перейти от хаотически изменяющей свои значения кривой к линии, расположение которой легко сопоставлять с линиями, характеризующими расчетную установочную мощность примененного оборудования источника теплоты. А также с линиями, характеризующими нормативную величину мощности работы оборудования с учетом средней температуры наружного воздуха за отопительный сезон. Легко заметить, что линия тренда фактической

потребности в тепловой энергии носит наклонный характер. Это обусловлено лишь тем, что в качестве точки отсчета выработки теплоты принят первый день календарного года. Если вести отсчет от начала отопительного сезона, угол наклона линии существенно изменится. Для более удобного анализа в любой день в течении года, целесообразно усреднить линию тренда горизонтальной линией, которая образует фигуру равную площади фигуры, образованной наклонной линией.



Сопоставление расчетной и фактически востребованной мощностей источника теплоты

Таким образом, сопоставление нагрузок на основной и вспомогательный источник тепловой энергии можно вести наглядным сравнением простых геометрических фигур. Такой анализ можно производить быстро и эффективно как при проектировании, так и на этапе технико-экономического обоснования инвестиционных решений.

## **Литература**

1. Лушин К. И. Анализ тенденций изменения эффективности использования источников тепловой энергии для теплоснабжения объектов ЖКХ в регионах Центрального федерального округа Российской Федерации // *Естественные и технические науки*. 2014. № 9–10 (77). С. 394–396.
2. Самарин О. Д., Лушин К. И. Оценка влияния изменения климата на энергопотребление систем обеспечения микроклимата зданий // *Жилищное строительство*. 2020. № 1–2. С. 21–24.
3. Хромов Е. В., Павленко Е. Д. Сравнительная оценка климатических характеристик регионов России для первоочередного внедрения зданий с нулевым потреблением энергии // *Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ, Москва, 01–05 марта 2021 года*. М: МИСИ-МГСУ, 2021. С. 264–270.
4. Малявина Е. Г., Фролова А. А. Анализ годового энергопотребления на отопление и охлаждение офисного здания // *АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика*. 2017. № 1. С. 68–75.
5. Chicherin S. Zhuikov A., Kolosov M., Junussova L., Aliyarova M., Yelemanova A. Specifying DHW heat demand profiles according to operational data: enhancing quality of a DH system model // *EDP Sciences XXIV International Scientific Conference Construction the Formation of Living Environment*. 2021. Vol. 263. P. 04016.
6. Пухкал В. А. Анализ режимов теплоснабжения на отопление эксплуатируемых жилых зданий // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 1. С. 106–111.
7. Pukhkal V. The Evaluation of Household Heat Emissions in Residential // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vladivostok, 02–04 October 2018*. – Vladivostok: Institute of Physics Publishing, 2018. P. 032049.

**УДК 697.7**

*Алексей Евгеньевич Руин,*  
студент

*Александр Анатольевич Смыков,*  
ассистент

*Михаил Валерьевич Бодров,*  
д-р техн. наук, профессор  
(Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [ruin199920@yandex.ru](mailto:ruin199920@yandex.ru),  
[aleksandrsmyskov@gmail.com](mailto:aleksandrsmyskov@gmail.com),  
[tes84@inbox.ru](mailto:tes84@inbox.ru)

*Alexey Evgenievich Ruin,*  
student

*Alexander Anatolyevich Smykov,*  
assistant lecturer

*Mikhail Valeryevich Bodrov,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
(Nizhny Novgorod State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: [ruin199920@yandex.ru](mailto:ruin199920@yandex.ru),  
[aleksandrsmyskov@gmail.com](mailto:aleksandrsmyskov@gmail.com),  
[tes84@inbox.ru](mailto:tes84@inbox.ru)

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ТЕПЛОВОГО КОНТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ЗДАНИЙ С СИСТЕМАМИ ЛУЧИСТОГО  
ОТОПЛЕНИЯ**

**IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY  
OF THE THERMAL CIRCUIT OF INDUSTRIAL  
BUILDING WITH RADIANT  
HEATING SYSTEMS**

Исследование направленно на анализ определения отдельных теплотехнических характеристик теплового контура производственных зданий, экономически обоснованной толщины утеплителя в зависимости от срока окупаемости капитальных затрат и климатического района капитального строительства. Данное исследование представляет большой практический интерес, так как позволяет более эффективно расходовать энергоресурсы. В ходе исследования было рассмотрено производственное здание с административно-бытовой частью расположенное в г. Заволжье, Нижегородской области. Производственное здание оборудовано лучистой системой отопления с водяными инфракрасными излучателями.

*Ключевые слова:* отопление, лучистое отопление, излучатель, энергосбережение, энергоэффективность, утеплитель.

The study is aimed at analyzing the determination of individual thermal characteristics of the thermal circuit of industrial buildings, the economically justified

thickness of the insulation, depending on the payback period of capital expenditures and the climatic area of capital construction. This study is of great practical interest, as it allows you to use energy resources more efficiently. In the course of the study, an industrial building with an administrative and household part located in the city of Zavolzhye, Nizhny Novgorod region was considered. The production building is equipped with a radiant heating system with water infrared emitters.

*Keywords:* heating, radiant heating, radiator, energy saving, energy efficiency, insulation.

В настоящее время в мире остро стоит проблема энергосбережения, экономии энергетических ресурсов и энергоэффективности активных и пассивных систем обеспечения микроклимата (СОМ). На территории Российской Федерации одним из основных потребителей тепловой энергии являются помещения производственного назначения, около 25 % [1]. Одним из наиболее эффективных мероприятий по снижению потребляемых тепловых ресурсов зданием и при этом обеспечивающее комфортное пребывание людей в нем [2, 3], является применение систем лучистого отопления.

Но выбор активных СОМ здания не является основным решением данной проблемы, так же большую роль в энергосбережении играет правильно выбранные пассивные СОМ.

Наиболее правильным решением будет необходимость учитывать не только климатические особенности климатического района, но и экономические такие как стоимость тепловой энергии  $C_{\text{тепл}}$ , руб./Гкал и стоимость утепляющего слоя ограждающей конструкции  $C_{\text{тепл}}$ , руб.

В качестве объекта исследования было выбрано производственное здание с административно-бытовой частью ООО «Флайг+Хоммель». Данное здание оборудовано системой лучистого отопления, которая сконструирована на основе методических материалов разработанных коллективом авторов. В качестве отопительных приборов используются водяные инфракрасные излучатели марок Helios 750 и Flower 125 (план здания приведен на рис. 1).

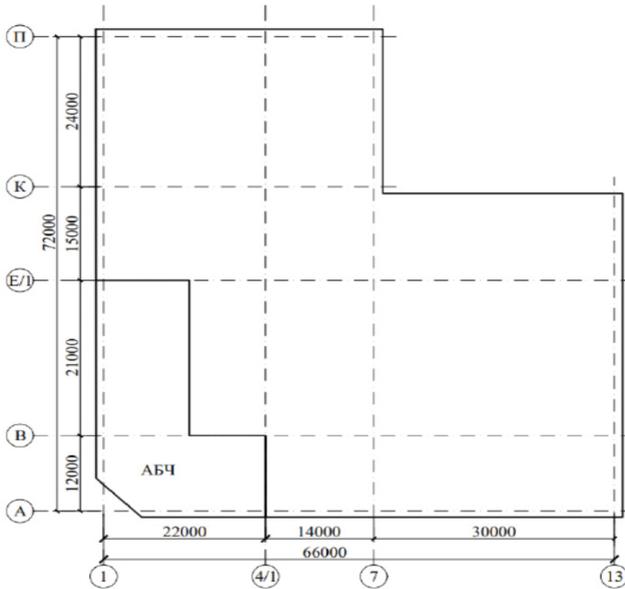


Рис. 1. План исследуемого здания

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента утепляющего слоя ограждающей конструкции здания,  $R_0^{np}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , данную величину без учета теплотехнических неоднородностей, сводится к определению условного сопротивления теплопередачи  $R_0^{ysl}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , и определяется по формуле [4]:

$$R_0^{ysl} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum R_s + \frac{1}{\alpha_n} =, \quad (1)$$

где  $R_s$  – термическое сопротивление теплопередаче слоя однородной части фрагмента,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;  $\alpha_n$ ,  $\alpha_b$  – коэффициент теплоотдачи наружной и внутренней поверхности ограждающей конструкции соответственно,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$  [4].

Удельная теплозащитная характеристика здания  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup> · °С), равна:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\Phi,i}}{R_{0,i}^{np}} \right) = K_{общ} K_{комп}, \quad (2)$$

где  $R_{0,i}^{np}$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup> · °С/Вт;  $A_{\Phi,i}$  – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup>;  $V_{от}$  – отапливаемый объем здания, м<sup>3</sup>;  $n_{t,i}$  – коэффициент учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП:  $n_{t,i} = 1$ ;  $K_{общ}$  – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup> · °С), определяемый по формуле:

$$K_{общ} = \frac{1}{A_H^{сум}} \sum_i n_{t,i} \left( \frac{A_{\Phi,i}}{R_{0,i}^{np}} \right), \quad (3)$$

где  $K_{комп}$  – коэффициент компактности здания, м<sup>-1</sup>, равный по формуле:

$$K_{комп} = \frac{1}{A_H^{сум}} \sum_i n_{t,i} \left( \frac{A_H^{сумм}}{V_{от}} \right), \quad (4)$$

где  $A_H^{сум}$  – сумма площадей (по внутреннему обмеру всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м<sup>2</sup>.

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $Q_{от}^{год}$ , кВт·ч/год следует определять по формуле:

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{от} \cdot q_{от}^p. \quad (5)$$

При учете климатических и экономических параметров района застройки в различных вариациях толщины утеплителя, по-

является некая разница в потреблении тепловой энергии зданием, в результате чего происходит экономия денежных средств, которая определяется по формуле:

$$\Delta = 0,86 \cdot C_{\text{тепл}} \Delta Q_{\text{тп}}^r, \text{ руб./год}, \quad (6)$$

где  $C_{\text{тепл}}$  – действующий тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Бездисконтный срок окупаемости  $T_{\text{ок}}$ , лет, рассчитывается по формуле

$$T_{\text{о}} = \frac{\sum K}{\Delta \Delta}, \text{ лет}, \quad (7)$$

где  $\sum K$  – капитальные затраты представляют собой совокупность затрат на материал и его монтаж, определяемый по формуле:

$$\sum K = C_{\text{ут}} V_{\text{ут}} + C_{\text{раб}} V_{\text{раб}}, \text{ руб.} \quad (8)$$

Стоимость работ принимаются по территориальным единичным расценкам на строительные работы. Стоимость утеплителя принимаем по средним расценкам по региону. Стоимость тепловой энергии принимаем по тарифу на текущий период в соответствующем регионе.

Прогнозируемый срок окупаемости инвестиций в утепление стен, который необходимо рассчитывать с учетом нормы дисконта  $p$ , %, определяется:

$$T_{\text{ок}} = \frac{-\ln(1 - p T_{\text{о}} / 100)}{\ln(1 + p / 100)}, \text{ лет}. \quad (9)$$

Максимальный дисконтированный срок окупаемости определяется по согласованию с собственником строения  $T_{\text{уст}}$ , лет, но не более 15 лет.

Экономия денежных средств за установленный период с учетом вычета срока окупаемости определяется по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{уст}} = \Delta \mathcal{E}(T_{\text{уст}} - T_{\text{ок}}), \text{ руб.} \quad (10)$$

Проведем расчет для шести городов при изменении толщины утеплителя с 0,01 до 0,3 м с шагом 0,01 м, принимаем утеплитель с коэффициентом теплопроводности  $\lambda^* = 0,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Расчет произведен для различных районов строительства: г. Заволжье, г. Хабаровск, г. Орск Оренбургской области (далее – г. Орск), г. Красноярск, г. Сургут, г. Якутск (результаты приведены в таблице).

Район строительства	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{от}}, ^\circ\text{C}$	$Z_{\text{от}}, \text{сут.}$	ГСОП	$C_{\text{тепл}}, \text{руб.}/\text{Гкал}$	$C_{\text{ур}}, \text{руб.}$	$p, \%$
г. Заволжье	16	-30	-3,6	209	4096	1467,30	8000	6,75
г. Хабаровск	16	-29	-9,5	204	5202	2853,85	8000	6,75
г. Орск	16	-31	-7,0	205	4715	1740,00	8000	6,75
г. Красноярск	16	-37	-6,6	234	5288	923,39	8000	6,75
г. Сургут	16	-42	-9,3	254	6426	1734,72	8000	6,75
г. Якутск	16	-52	-20,6	252	9223	3443,75	8000	6,75

График зависимости сроков окупаемости от толщины дополнительного слоя теплоизоляции ограждения для выбранных городов представлен на рис. 2. График зависимости экономии денежных средств на оплату тепловой энергии от толщины утепляющего слоя (для г. Заволжье) представлен на рис. 3.

При анализе полученных данных можно сделать вывод, что при учете экономических данных региона, значение экономически обоснованного слоя теплоизоляционного слоя меньше толщи-

ны утепления определяемой по действующей методике, что является необоснованными затратам.

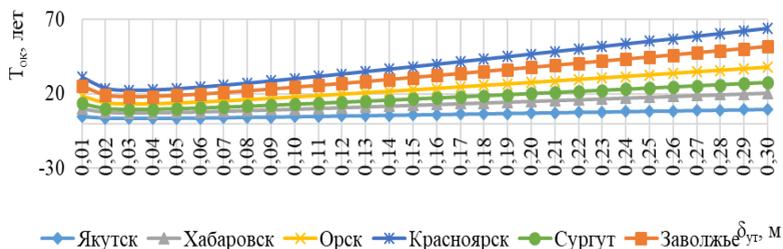


Рис. 2. Зависимость прогнозируемого срока окупаемости от толщины утепляющего слоя

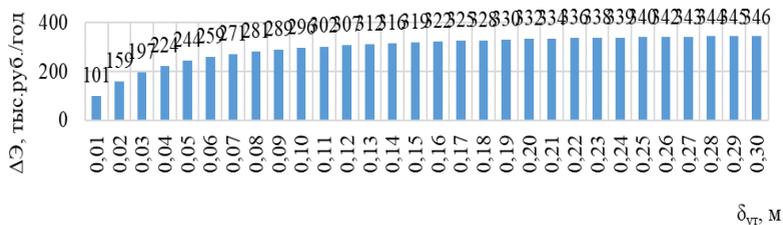


Рис. 3. Зависимость экономии денежных средств на оплату тепловой энергии от толщины утепляющего слоя (для г. Заволжье)

## Благодарности

Огромная благодарность компании ООО «Флайг+Хоммель».

## Литература

1. Башмаков И. А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения в России и за рубежом / Центр по эффективному использованию энергии. URL: <http://www.cenef.ru/file/Heat.pdf> (дата обращения: март 2022).

2. Бодров В. И., Михайлова Л. Ю., Смыков А. А. Температурный режим наружных ограждений помещений с системами отопления на базе газовых инфракрасных излучателей // Приволжский научный журнал. 2015. № 2 (34). С. 58–64.

3. Бодров В. И., Бодров М. В., Смыков А. А. Исследование систем лучистого отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей // Приволжский научный журнал. 2019. № 3 (51). С. 52–57.

4. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 : дата введения 2012 / Минрегион России. – Изд. офиц. – Москва : Стандартинформ, 2012. – IV, 78 с. : ил. – (Свод правил). – Текст : непосредственный.

5. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* : дата введения 2021-06-25. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358>. – Текст : электронный.

УДК 697.92

Линда Фортас,

студент,

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: linda.fortas@mail.ru

Linda Fortas,

student,

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: linda.fortas@mail.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНО-ТЕПЛОЙ ЗАВЕСЫ У ВОРОТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

### MODELING OF AN AIR-HEAT CURTAIN AT THE GATES OF AN INDUSTRIAL BUILDING

В работе рассматриваются варианты установки воздушно-тепловых завес у ворот производственного здания. Исследованы варианты двухсторонней и односторонней боковой подачи воздуха, а также подача воздуха над открытым проемом.

Исследования выполнены на примере ремонтно-механической мастерской в городе Хабаровске. Разработана математическая модель производственного помещения и воздушно-тепловых завес. Исследования выполнены в программном комплексе STAR-ССМ+. Получены распределения температур и скоростей движения воздуха в помещении и в зоне ворот. Принятые решения могут быть рекомендованы для широкого применения.

*Ключевые слова:* воздушно-тепловая завеса, ворота, производственное помещение, математическое моделирование.

The paper considers options for installing/for installation air-heat curtains at the gates of an industrial building. Variants of two-sided and one-sided lateral air supply, as well as air supply over an open opening, are investigated.

The research was carried out on the example of a repair and mechanical workshop in the city of Khabarovsk. A mathematical model of the production room and air-heat curtains has been developed. The research was carried out in the STAR-ССМ+ software package. The distributions of temperatures and air velocities in the room and in the gate area are obtained. The solutions adopted can be recommended for a wide application.

*Keywords:* air-heat curtain, gates, production room, mathematical modeling.

В предприятиях автомобильного транспорта, предназначенных для ремонта большегрузных автомобилей, для въезда

и выезда используются ворота больших габаритов. Для защиты помещений от врывания неподогретого наружного воздуха в холодный период применяются воздушно-тепловые завесы [1].

Для условий г. Хабаровска выполнен расчет воздушно-тепловой завесы для ремонтно-механической мастерской. Расчетная температура наружного воздуха – минус 29 °С; скорость ветра – 3,8 м/с [2]. Использованы методики расчета [3, 4].

Результаты расчета воздушно-тепловой завесы у раздвижных ворот размерами 6,5×7,0 (h) м без тамбура:

- тепловой поток воздухонагревателей – 1241 кВт;
- температура воздуха, подаваемого завесой – 45,5 °С.

В программном комплексе SolidWorks построена 3D модель модульной воздушно-тепловой завесы, представленная на рис. 1.

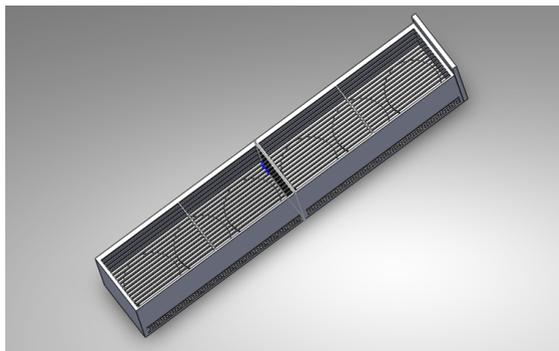


Рис. 1. Упрощенная модель воздушно-тепловой завесы

Исследованы варианты двухсторонней и односторонней боковой подачи воздуха, а также вертикальная подача воздуха над открытым проемом. Установлено, что наилучшие показатели по обеспечению параметров внутреннего воздуха при двухсторонней боковой подаче воздуха с высотой завесы больше высоты ворот. Результаты моделирования по программе STAR-CCM+, представлены на рис. 2 в виде поля температур.

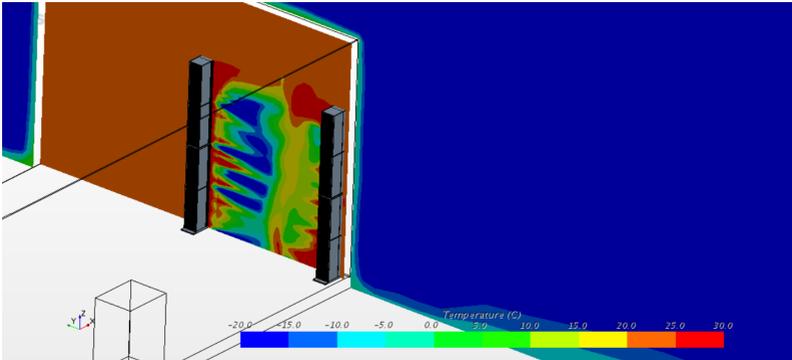


Рис. 2. Распределение поля температур двусторонней завесы

По результатам расчета температура воздуха в помещении равна  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для ремонтно-механической мастерской температура внутри помещения должна равняться  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  [5], следовательно, тепловой поток завес можно уменьшить.

### Литература

1. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М.: Минстрой России, 2020. 104 с.
2. СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*. М.: Минстрой России, 2020. 113 с.
3. Хрусталева Б. М., Кувшинов Ю. Я., Копко В. М. Теплоснабжение и вентиляция. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2008. 786 с.
4. Торговников Б. М., Табачник В. Е., Ефанов Е. М. Проектирование промышленной вентиляции. Справочник. Киев.: Издательство Будівельник. 1983. 256 с.
5. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 1996. 20 с.

**УДК 53.072:66.045.122**

*Екатерина Андреевна Назорная,*  
студент

*Виктор Алексеевич Пужкал,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: ivanovakatiy@mail.ru,*  
*pva1111@rambler.ru*

*Ekaterina Andreevna Nagornaia,*  
student

*Viktor Alekseevich Pukhkal,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: ivanovakatiy@mail.ru,*  
*pva1111@rambler.ru*

**ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
«ИСПЫТАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО  
СЕКЦИОННОГО КОЖУХОТРУБНОГО  
ВОДОВОДЯНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ»**

**VIRTUAL LABORATORY WORK “TESTING  
OF THE HORIZONTAL SECTIONAL  
SHELL-AND-TUBE WATER HEATER”**

Рассмотрены особенности выполнения лабораторных работ по теплообменным аппаратам в высших учебных заведениях: необходимость выполнения работы в течение занятия, что не позволяет обеспечить стационарный режим; применение моделей теплообменников; ограниченный диапазон изменения параметров и др. Отмечено, что новым развивающимся направлением в технике проведения лабораторных работ являются виртуальные работы, получающие распространение в высших учебных заведениях.

Разработана виртуальная лабораторная работа по испытанию горизонтального секционного кожухотрубного теплообменника в среде Excel. Водоводяной подогреватель состоит из одной блок-секции теплообменника. Приведено описание работы.

При выполнении виртуальной лабораторной работы у студентов появляется возможность индивидуального выполнения работы и изменять условия испытаний в широких пределах расходов и температур теплоносителей.

*Ключевые слова:* виртуальная лабораторная работа, кожухотрубный водоводяной подогреватель.

The features of laboratory work on heat exchangers in higher educational institutions are considered: the need to perform work during the lesson, which does not

allow for a stationary mode; the use of models of heat exchangers; a limited range of parameter changes, etc. It is noted that a new developing direction in the technique of laboratory work is virtual work, which is becoming widespread in higher educational institutions.

A virtual laboratory work has been developed to test a horizontal sectional shell-and-tube heat exchanger in an Excel environment. The water heater consists of one block section of the heat exchanger. The description of the work is given. When performing virtual laboratory work, students have the opportunity to individually perform the work and change the test conditions within a wide range of flow rates and temperatures of heat carriers.

*Keywords:* virtual laboratory work, horizontal sectional shell and tube water heater.

Секционные кожухотрубные водоводяные подогреватели широко применяются в индивидуальных и центральных тепловых пунктах при присоединении систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения к тепловым сетям [1,2]. Соответственно, при обучении студентов по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и 08.03.01 «Строительство» (профиль «Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве») в ряде дисциплин учебного плана рассматриваются такие теплообменные аппараты и выполняются лабораторные работы.

Особенностью проведения лабораторных работ по теплообменным аппаратам является их длительность в связи с необходимостью выполнять измерения в стационарном режиме, что затрудняет проведение лабораторных работ в течение занятия. Лабораторные работы выполняются на лабораторных стендах (рис. 1), представляющих собой модель реального теплообменника и позволяющих проводить испытания теплообменника в очень ограниченном диапазоне изменения основных параметров, определяющих теплопроизводительность теплообменника [3]. Выполнение работ на промышленных образцах теплообменников характеризуется значительными расходами энергии.



Рис. 1. Лабораторная установка для изучения теплообмена в кожухотрубном теплообменнике: 1 – кожухотрубный теплообменник; 2 – водонагреватель для приготовления горячей (греющей) воды; 3 – циркуляционный насос греющей воды

Новым развивающимся направлением в технике проведения лабораторных работ являются виртуальные работы [4–12]. Под виртуальным экспериментом понимается процесс компьютерного моделирования свойств и функций изделия, выполняемый с использованием компьютерных моделей и программного обеспечения компьютерного моделирования [13].

Отсутствие навыков работы в лаборатории, при которой закрепляются и применяются полученные теоретические знания, можно компенсировать виртуальными лабораторными работами.

Определение теплотехнических характеристик подогревателей проводится в процессе периодических и типовых испытаний в эксплуатационных условиях или на испытательном стенде с помощью штатных и дополнительно установленных контрольно-измерительных приборов [2, 14]. Для изучения методики испытаний и получения опыта обработки данных измерений при определе-

ния коэффициента теплопередачи и гидравлического сопротивления нагреваемой воды и греющей воды достаточно выполнить такие испытания виртуально.

В разрабатываемой лабораторной работе кожухотрубный теплообменник моделируется в среде Excel (рис. 2). Подогреватель состоит из одной блок-секции теплообменника.

Цели работы: изучение методики испытаний теплообменников; построение зависимостей изменения коэффициентов теплопередачи от основных параметров, определяющих процесс теплообмена; сравнение экспериментальных характеристик теплообменника с их расчетными значениями. Сравняются расчетные и экспериментальные данные по коэффициентам теплопередачи, а также гидравлическому сопротивлению теплообменника.

Преподаватель задаёт тип испытываемого теплообменника (рис. 2). Студенты самостоятельно принимают и задают значения коэффициента, учитывающего загрязнение поверхности труб, и параметры теплоносителей:

- температуру греющей воды на входе в теплообменник, °С;
- расход греющей воды, кг/ч;
- температуру нагреваемой воды на входе в теплообменник, °С;
- расход нагреваемой воды, кг/ч.

Для задания параметров используется «полоса прокрутки». Используются кнопки со стрелками для прокрутки или путем перетаскивания ползунка полосы прокрутки. Можно перемещаться по значениям (с заданным интервалом), щелкая область между ползунком и одной из стрелок для прокрутки.

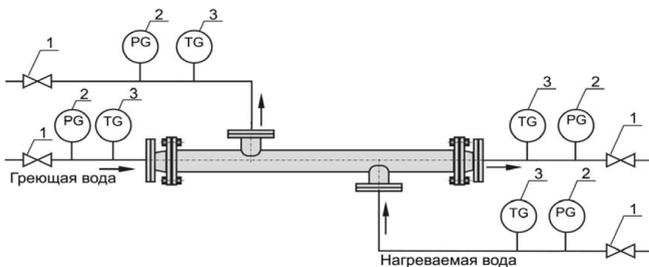
Измеряемые параметры греющей и нагреваемой воды:

- температура нагреваемой воды на выходе теплообменника, °С;
- температура греющей воды на выходе теплообменника, °С;
- потери давления нагреваемой воды, кПа;
- потери давления греющей воды, кПа.

Конструкция теплообменника должна обеспечивать при номинальных условиях коэффициент теплопередачи, равный  $(4070 \pm 230)$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [1].

## Испытание кожухотрубного теплообменника

Схема экспериментального стенда



### Исходные данные:

Тип водоподогревателя:

Коэффициент, учитывающий загрязнение  
поверхности труб

$\beta =$

### Задаваемые параметры греющей и нагреваемой воды

Температура нагреваемой воды на входе  °C

Температура греющей воды на входе  °C

Расход нагреваемой воды  кг/ч

Расход греющей воды  кг/ч

### Измеряемые параметры греющей и нагреваемой воды

Температура нагреваемой воды на выходе  °C

Температура греющей воды на выходе  °C

Потери давления греющей воды  кПа

Потери давления нагреваемой воды  кПа

Рис. 2. Виртуальная лабораторная работа  
«Испытание кожухотрубного теплообменника»:  
1 – запорная арматура; 2 – манометр; 3 – термометр

Основной сложностью при создании виртуальной лабораторной установки является разработка математической модели, учитывающей как можно большее число факторов. Именно от качества математической модели зависит функциональность виртуальной лабораторной работы. В лабораторной работе для расчета коэффициентов теплопередачи и гидравлического сопротивления использованы зависимости, приведенные в [1].

Выполнение лабораторной работы на виртуальном стенде имеет следующие преимущества:

- у студентов появляется возможность индивидуального выполнения работы;
- имеется возможность изменять условия испытаний в широких пределах расходов и температур теплоносителей, а также изменять типоразмеры и загрязненность поверхности испытываемых теплообменников.

К числу несомненных достоинств виртуальных экспериментов следует отнести возможность получения за короткое время и без материальных затрат большого объема данных, характеризующих поведение теплообменника в зависимости от каждого из интересующих параметров в отдельности.

### **Литература**

1. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. – М.: ОАО «ЦПП», 1997. 78 с.
2. ГОСТ 27590-2005. Подогреватели кожухотрубные водо-водяные систем теплоснабжения. Общие технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2007. 22 с.
3. Лабораторная установка для испытания различных конструкций теплообменных аппаратов: кожухотрубный и пластинчатый. URL: <https://measlab.ru/catalog/stands/teplotekhnika-i-termodinamika/teploobmenniki-kozhukhotrubnyy-i-plastinchatyy/> (дата обращения: 05.03.2022).
4. Алексеев Г. В., Бриденко И. И., Вологжанина С. А. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Материаловедение». СПб: Издательство «Лань», 2021. 208 с.

5. Алексеев Г. В., Бондарева М. В., Бриденко И. И., Шашкин А. И. Механика жидкости и газа. Виртуальный лабораторный практикум: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт, 2018. 134 с.

6. Алексеев Г. В., Бриденко И. И., Кравцова Е. В. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. СПб: ГИОРД, 2018. 160 с.

7. Андреев А. Л., Коротаев В. В., Сычева Е. А. Виртуальные и физические модели видеoinформационных систем в статистических экспериментах: учебно-методическое пособие. СПб: Университет ИТМО, 2018. 87 с.

8. Герман-Галкин С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink. – СПб: Издательство «Лань», 2021. 448 с.

9. Ларкин Д. К. Теплообменное оборудование предприятий: учебное пособие для вузов. Москва: Издательство Юрайт, 2022. 246 с.

10. Калёнов С. В., Панфилов В. И., Кузнецов А. Е. Дистанционная подготовка биотехнологов: элементы виртуальной образовательной среды. / Под редакцией Р. Г. Чирковой. Москва: ДМК Пресс, 2014. 94 с.

11. Логинов В. С. Логинов В. С., Юхнов В. Е. Практикум по основам теплотехники: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2019. 128 с.

12. Теплотехника. Практикум / В. Л. Ерофеев [и др.]; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. – Москва: Издательство Юрайт, 2017. 395 с.

13. ГОСТ Р 57700.22-2020. Компьютерные модели и моделирование. Классификация / Москва: Стандартинформ, 2020. 7 с.

14. ГОСТ Р ЕН 306-2011. Теплообменники. Измерения и точность измерений при определении мощности – Москва: Стандартинформ, 2013. 28 с.

УДК 624.42.12

Юлиана Юрьевна Белянко,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [yulianabelyanko@yandex.ru](mailto:yulianabelyanko@yandex.ru)

Yuliana Yuryevna Belyanko,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: [yulianabelyanko@yandex.ru](mailto:yulianabelyanko@yandex.ru)

## НАГРУЗКИ И КОМПЕНСИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

### LOADS AND COMPENSATING CAPABILITY OF HEAT NETWORKS PIPELINES

В данной статье была рассмотрена причина необходимости расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей. Особое внимание было уделено видам нагрузок и воздействий на теплопровод. Отдельная часть в статье отводится под компенсирующие устройства трубопроводов. Приведена классификация данных устройств по принципу их работы. В статье рассмотрено такое явление, как естественная компенсация или самокомпенсация. Приведены положительные стороны использования данного метода компенсации температурных удлинений трубопроводов тепловой сети. А также было выделено на какие нагрузки нужно производить расчёт на прочность в специальной программе СТАРТ-Проф.

*Ключевые слова:* прочность, П-образный компенсатор, сильфонный компенсатор, нагрузки и воздействия, осевые нагрузки, самокомпенсация.

In this article, the reason for the need to calculate the strength of pipelines of heating networks was considered. Particular attention was paid to the types of loads and impact on the heat pipe. A separate part of the article is devoted to compensating devices for pipelines. The classification of these devices according to the principle of their operation is given. The article considers such a phenomenon as natural compensation or self-compensation. The positive aspects of using this method of compensating for thermal elongation of pipelines of a heating network are given. And it was also allocated for which loads it is necessary to calculate the strength in the special START-Prof program.

*Keywords:* strength, U-shaped compensator, bellows compensator, loads and impacts, axial loads, self-compensation.

Важным фактором для повышения и обеспечения надежности работы тепловых сетей являются нормативные документы по проектированию и строительству теплопроводов и, в частности, нормы по расчетам прочности сети.

Нормативно-технические документы по расчёту трубопровода на прочность необходимы в связи с широким распространением трубопроводов, которые прокладываются бесканально. При подземной прокладке сети без устройства каналов возрастают осевые усилия на трубу из-за больших сил трения о грунт.

Трубопроводы постоянно находятся под воздействием большого числа нагрузок. Поэтому в ходе проектирования следует учитывать нагрузки и предусматривать такие прочностные показатели трубопровода, которые смогут обеспечить бесперебойную работу тепловой сети в любых условиях и ситуациях.

Нагрузки и воздействия на трубы можно классифицировать на постоянные и временные, которые в свою очередь делятся на особенные, кратковременные и длительные.

К постоянным воздействиям относятся: вес трубы, вес изоляционного покрытия, давление грунта на трубу и воздействия, которые создаются в трубопроводе при углах поворота трассы [1]. Эти нагрузки оказывают воздействие на трубопровод в течение всего срока эксплуатации тепловой сети.

Вес транспортируемой жидкости, внутреннее рабочее давление, различные температурные воздействия и нагрузки, передаваемые от поверхности земли, относят к временным длительным нагрузкам.

К кратковременным нагрузкам относятся: транспортные нагрузки в местах, не предназначенных для движения и испытательное внутреннее давление трубопровода. Действие таких нагрузок длится от нескольких секунд до нескольких месяцев.

Особыми нагрузками являются: внутреннее давление жидкости при гидравлическом ударе и сейсмические нагрузки.

Также следует рассчитывать нагрузки, которые передают сами трубы, на опоры, строительные конструкции, оборудование и сое-

динительные детали – отводы, тройники, врезки, потому что в них наблюдается повышенная концентрация напряжений.

Важным фактором в надежной и бесперебойной работе тепловой сети является правильный выбор устройств, компенсирующих температурные удлинения трубопроводов. Для безаварийной работы тепловой сети необходимо, чтобы компенсирующие устройства были рассчитаны на максимальные удлинения трубопроводов и максимальные нагрузки.

По принципу работы компенсаторы делятся на две группы [2]:

- радиальные или гибкие устройства, воспринимающие удлинение трубопроводов изгибом. К ним относятся П-образные компенсаторы, углы поворота трубопроводов и Z-образные участки;

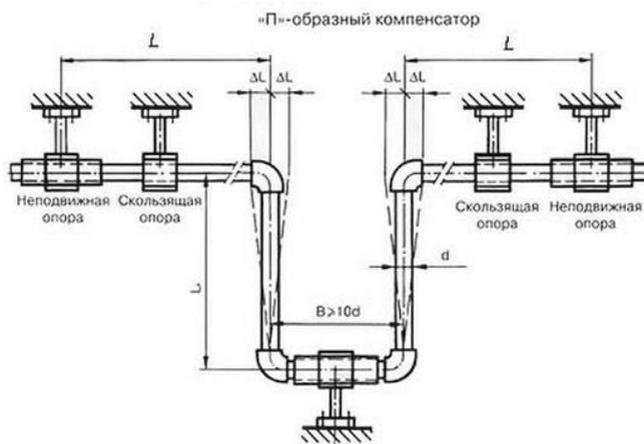


Рис. 1. П-образный компенсатор

- осевые устройства скользящего и упругого типов. В таких компенсаторах температурные удлинения воспринимаются телескопическим перемещением труб или сжатием пружинящих вставок. К ним относятся: сифонные, линзовые и волнистые компенсаторы [3].

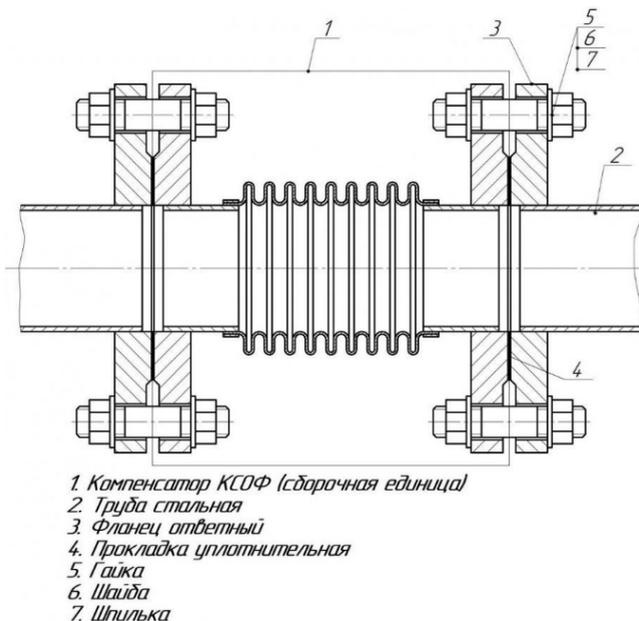


Рис. 2. Сильфонный осевой компенсатор

Самой распространенной и надежной в эксплуатации является самокомпенсация, которая применяется при всех способах прокладки тепловых сетей. За счёт гибкости самих труб на углах поворота и изгибах трассы возникает естественная компенсация. Преимуществами такого вида компенсации являются: простота устройства, так как не требуется дополнительный расход труб, надежность, а также самокомпенсация разгружает неподвижные опоры от усилий, которые возникают внутри трубопровода.

Для расчёта компенсации тепловых удлинений, компенсаторов и, в принципе, самого расчета прочности трубопроводов используют специальную программу СТАРТ-Проф.

Расчёт трубопровода следует производить на наиболее опасные сочетания нагрузок, принимаемые по [4], которые могут воз-

никнуть на стадиях испытания и эксплуатации труб. Расчёт ведётся на срок службы сети – 30 лет.

Таким образом, следует понимать важность расчётов трубопроводов на прочность еще на стадии проектирования тепловой сети и грамотно подбирать оборудование, которое будет компенсировать тепловые удлинения.

### **Литература**

1. Николаев А. А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. М.: Стройиздат, 1965. 369 с.
2. Авдолимов Е. М., Шальнов А. П. Водяные тепловые сети. М.: Стройиздат, 1984. 288 с.
3. РД 10-400-01 Нормы расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021662> (дата обращения 16.03.2022).
4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (дата обращения 16.03.2022).

**УДК 697.97-5**

*Егор Алексеевич Рогачев,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: rogachev788@gmail.com*

*Egor Alekseevich Rogachov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: rogachev788@gmail.com*

**ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИПОЛЬНЫХ  
КОНВЕКТОРОВ С ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ  
В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА  
ПОД ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**APPLICATION OF FLOOR CONVECTORS  
WITH SUPPLY VENTILATION IN CONDITIONS  
OF LIMITED SPACE FOR ENGINEERING EQUIPMENT**

Внутрипольные конвекторы, как правило, используются в помещениях с панорамным остеклением. Чаще это коттеджные дома или бизнес-центры с большим количеством людей. Наличие свежего воздуха важно для повышения продуктивности труда, обеспечивая комфортный микроклимат помещения, где проветривание за счет «открытой форточкой» не является достаточным или возможным в целом.

Таким образом, используя внутрипольные конвектора с приточной вентиляцией обеспечивает равномерное нагревание воздуха и бесшумное регулярное проветривание помещения. Особенностью внутрипольного конвектора с приточной вентиляцией является прокладка воздуховодов в стяжке пола, что позволяет уложиться в архитектурные особенности помещения, при этом не изменяя высоту чистовой отделки потолка

В статье рассматривается исследование на основе проекта частного бассейна получены данные по распределению воздуха, подаваемого из внутрипольных конвекторов, с помощью современного гидродинамического пакета STAR-CCM+. Данный пакет оснащен удобным интерфейсом для построения расчетных сеток, что способствует более успешному и быстрому результату исследований.

*Ключевые слова:* вентиляция, инженерное оборудование, приточная вентиляция, внутрипольные конвектора.

Floor convectors are usually used in rooms with panoramic windows. More often these are cottage houses or business centers with a large number of people. The

presence of fresh air is important for increasing labor productivity, providing a comfortable microclimate of the room, where ventilation due to the “open window” is not sufficient or possible in general.

Thus, using floor convectors with supply ventilation ensures uniform heating of the air and regular draft-free ventilation of the room. A feature of the floor convector with forced ventilation is the laying of air ducts in the floor screed, which allows you to meet the architectural features of the room, while not changing the height of the ceiling finish

The article deals with a study on the basis of a private pool project, data were obtained on the distribution of air supplied from floor convectors using the modern STAR-CCM + hydrodynamic package. This package is equipped with a convenient interface for constructing computational grids, which contributes to a more successful and faster research result.

*Keywords:* ventilation, engineering equipment, supply ventilation, floor convectors.

## 1. Введение

Методы расчета воздухораспределения, прочно вошедшие в проектную практику уже более 70 лет, базируются на закономерностях струйных течений и их применимость ограничена определенным набором несложных течений с существенным преобладанием либо вынужденной, либо свободной конвекции [1]. Данные подходы не позволяют предсказать параметры воздушной среды в объеме со смешанно-конвективными течениями, неравномерным распределением источников тепло-, влаговыделений, сложным взаимодействием приточных струй т. д. А именно к таким объектам относятся современные театры, бассейны, стадионы, бизнес-центры, торгово-развлекательные комплексы и т. д. [2].

Одним из методов численного решения является использование исходной системы дифференциальных трехмерных уравнений Навье-Стокса, которое позволяет отыскать решение (распределение температуры, подвижности, влажности, концентрации  $\text{CO}_2$  по объему помещения) вне зависимости от сложности геометрии, особенностей взаимодействия приточных струй и т. д., в том числе и для сложных смешанно-конвективных течений [3]. Появление универсальных вычислительных программ (STAR-CCM+,

STAR-CD, FLUENT, CFX и др.) избавило от необходимости писать собственные коды, которые неизбежно были бы ограничены, как по возможности описания сложных геометрий, так и по набору физических моделей и тому подобное.

## 2. Объект исследования

В качестве объекта исследования было выбрано помещение бассейна 263 м<sup>2</sup>, представленное на рис. 1.

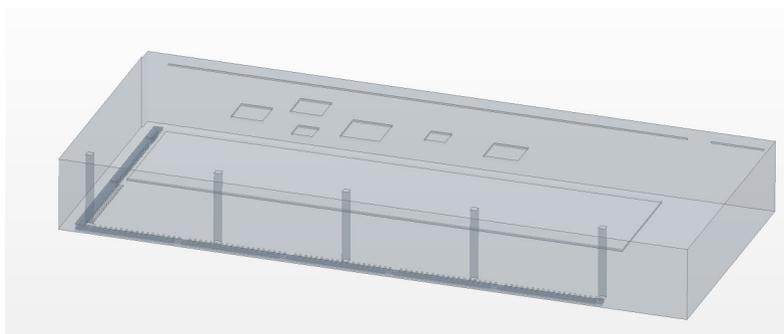


Рис. 1. Геометрия объекта

Южная и восточная сторона помещения ограждена панорамными окнами. С северной части помещение ограждено стеной от наружного воздуха. С запада помещение имеет проход в остальную часть здания. Компенсируют тепловые потери внутрипольные конвектора расставленные вдоль окон.

Помещение имеет небольшую высоту потолка – 2,5 м и окна в потолке, из-за чего нет возможности сделать распределение воздуха через воздуховоды. Свежий воздух подается в помещение через полужесткие воздуховоды в стяжке пола, в качестве диффузора используются внутрипольные конвектора. Вытяжка осуществляется через щелевые диффузоры вдоль наружной стены. Рассчитан необходимый часовой объемный расход воздуха на ком-

пенсацию влаговывделений от бассейна, равный для холодного периода  $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Влаговывделения составляют  $8,5 \cdot 10^{-5}, \frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}$ . Температура воды  $28 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура помещения должна поддерживаться  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  [4].

Необходимо провести исследование с помощью пакета STAR-CCM+ и проверить гипотезу, что нисходящий холодный поток воздуха от панорамных окон будет сбивать поднимающийся теплый поток воздуха из внутрительного конвектора, тем самым закрывая ему конвекцию воздуха с помещением, но приточный воздух от системы вентиляции будет решать эту проблемы путем вынужденной конвекцией, параллельно увеличивая теплоотдачу отопительного прибора.

### 3. Результат расчета

После построения геометрии, взятой с чертежей проекта AP в программе SOLIDWORKS 2019, модель перенести в программу STAR-CCM+. Объем были присвоены их свойства. По рассчитанной инженерами проекта приточно-вытяжной установке, были внесены данные по количеству приточка и вытяжного воздуха. Посчитано количество влаговывделения от зеркала воды. У объекта конвектора и решетки конвектора заданы ограничения по распределению воздуха, запрещающие ему проходить поперек.

После чего была построена расчетная решетка, изображенная на рис. 2, с размером  $0,2 \text{ м}$  и мельчением на поверхности стекла, и решетки конвекторов [5].

В результате расчета были получены график скорости по объему помещения и график температуры помещения по объему, которые изменяются в пределах 1 десятой. Параметр  $29,45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Из полученных графиков температуры можно построить распределение температурных полей для того, чтобы понимать общее распределение температуры в помещении [6].

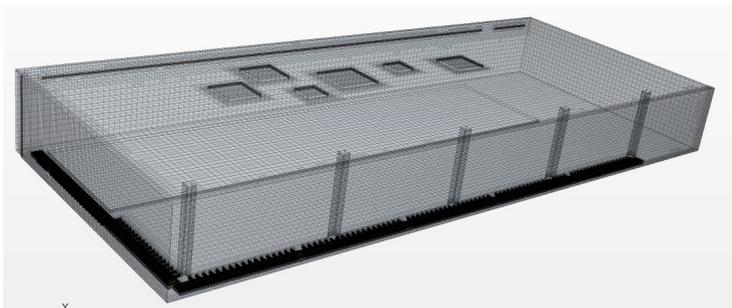


Рис. 2. Расчетная сетка

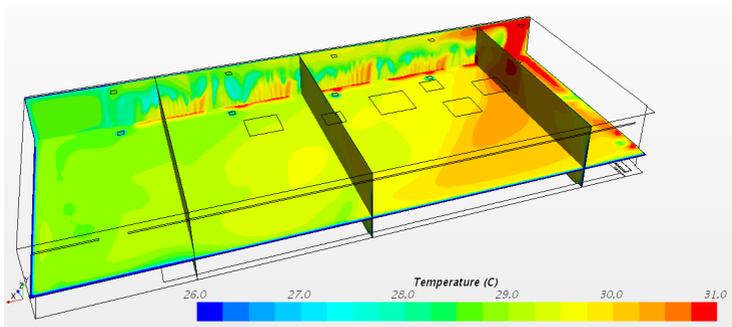


Рис. 3. Распределение температурных полей

По температурным полям на рис. 3 видим, как из решеток поднимается более горячий воздух. А в правом верхнем углу помещения воздух достигает максимальной температуры, так как там соединяются конвекторы от двух плоскостей стекол. Так же видно, как в местах, где соединяются конвектора и появляется зазор между теплообменниками воздух значительно холоднее. В рабочей зоне температура достигает 30 °С. Ее можно увеличить или уменьшить путем нагрева или охлаждения приточного воздуха. Рис. 4 показывает линии воздуха, выходящего из конвекторов, таким образом преодолевая исходящий поток холодного воздуха.

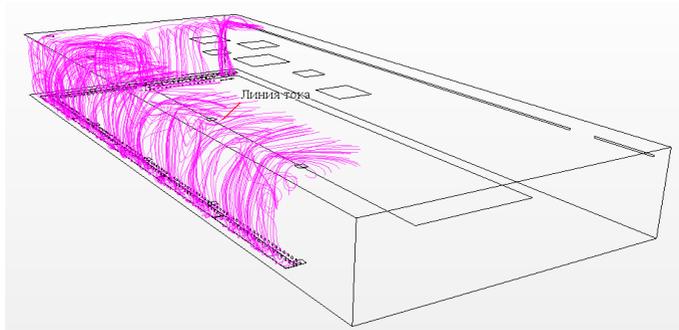


Рис. 4. Линии тока приточного воздуха

#### 4. Заключение

Из выше представленных рисунков следует отметить, что с помощью приточного воздуха, подаваемого через внутрипольные конвектора можно решить проблему конвективного теплообмена конвектора и внутреннего воздуха. Холодная нисходящая струя не может сбить поднимающийся вверх под давлением приточной вентиляции поток теплого воздуха. Воздух настигается на окна и к потолку струя расширяется, начинает остывать и опускаться в рабочую зону бассейна, поддерживая там нормируемую температуру. Гипотеза опровергнута.

Таким образом, такое решение обладает практичностью, а также сочетается с дизайнерской визуализацией объекта – высота помещения не уменьшается за счет подшивного пространства, в котором могли располагаться воздуховоды.

#### Литература

1. Пухал В. А. Тепловой режим жилых и общественных зданий // Учебное пособие – СПб, 2009. 69 с.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
3. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха/Минрегион России. 2012 г.

4. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. – М.: Минстрой России, 2015. 124 с.

5. Васильев В. Ф., Иванова Ю. В., Суханова И. И. Отопление и вентиляция жилого здания // учебное пособие / СПбГАСУ. СПб., 2010. 72 с.

6. Староверов И. Г., Шиллер Ю. И // Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 1. Отопление. 4 – е издание, переработанное и дополненное, 1990. 265 с.

УДК 697.97-5

Денис Игоревич Ижорский,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: den.izhorskiy@bk.ru

Denis Igorevich Izhorskiy,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: den.izhorskiy@bk.ru

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СПОРТИВНОМ ЗАЛЕ

### NUMERICAL SIMULATION OF VENTILATION PROCESSES IN A SPORTS HALL

В статье решена задача определения эффективности работы системы вентиляции в помещении спортивного зала, в котором расположены несколько рингов и зрительские места. Для выполнения данной задачи построена геометрическая модель исследуемого помещения. Подача свежего воздуха производится через потолочные диффузоры типа ДПр2 450×450, расположенные по центру спортивного зала. Удаление воздуха из помещения производится через вытяжные решетки типа РВр-1 300×500, размещенные по периметру спортивного зала. Численное моделирование вентиляционных процессов произведено в программном обеспечении STAR-CCM+.

*Ключевые слова:* вентиляция, математическое моделирование, спортивный зал, STAR-CCM+.

The article sets the task to determine the efficiency of the ventilation system in the gym, in which there are several rings and spectator seats. To accomplish this task, a geometric model of the investigated room has been built. Fresh air is supplied through ceiling diffusers of the DPr2 450×450 type, located in the center of the sports hall. Air intake from the premises is carried out through exhaust grilles of the RVr-1 300×500 type, located along the perimeter of the sports hall. Numerical simulation of ventilation processes was performed using STAR-CCM+ software.

*Keywords:* ventilation, mathematical modeling, gym, STAR-CCM+.

Предметом исследования является система вентиляции в помещении спортивного зала, входящего в состав спортивно-оздоровительного комплекса, расположенного в г. Санкт-Петербург.

Моделируется помещение площадью 1512 м<sup>2</sup>, где расположены 1000 зрительных мест, 3 ринга на 6 человек и судейские столы на 15 человек (рис. 1). Численное моделирование выполнено в программе STAR-CCM+.

Расчетные параметры наружного воздуха приняты согласно [1], а параметры внутреннего воздуха согласно [2].

Примем температуру на вытяжке  $t_{\text{выт}} = 25,4$  °С согласно [2], температуру приточного воздуха  $t_{\text{пр}} = 15$  °С, так как вентиляция перемешивающая. Влажосодержание приточного воздуха равняется 10 г/кг. Объемный расход приточного воздуха – 21 000 м<sup>3</sup>/ч.

Для запуска расчета в программе STAR-CCM+ необходимо задать граничные условия: тепловыделения от людей и освещения, влажовыделения от людей и количество углекислого газа, выделяемого людьми.

Значительные теплопоступления и влажовыделения в рассматриваемом объекте исходят от людей. Так теплопоступления от одного человека приняты 69,6 Вт, влажопоступление 0,046 кг/ч согласно [3]. Воздухообмен был принят из расчета 20 м<sup>3</sup>/ч на одного зрителя и 80 м<sup>3</sup>/ч на задействованных в процессе соревнований участников согласно [3]. Система вентиляции спроектирована перемешивающая, распределение воздуха производится из потолочных диффузоров марки ДПР-2 с размерами 600×600 [4]. Основной поток приточного воздуха поступает в центральное пространство зала и распределяется равномерно по всему помещению. По периметру зала расположены вытяжные решетки марки РВр-1 с размерами 300×500 [4], благодаря выбранному решению происходит поступление свежего воздуха в помещение и удаление загрязненной газозадушной смеси в течении расчётного времени. Данная схема не зависит от внешних погодных условий и обеспечивает поддержание заданных параметров в любое время года.

Перед запуском расчета требуется выполнить построение сетки моделируемого объекта с помощью генератора объемной сетки Volume mesh. Сетку вблизи расположения людей, зон приточных

и вытяжных устройств необходимо выполнить сгущение области сетки с более мелкими ячейками для получения более точного результата расчета.

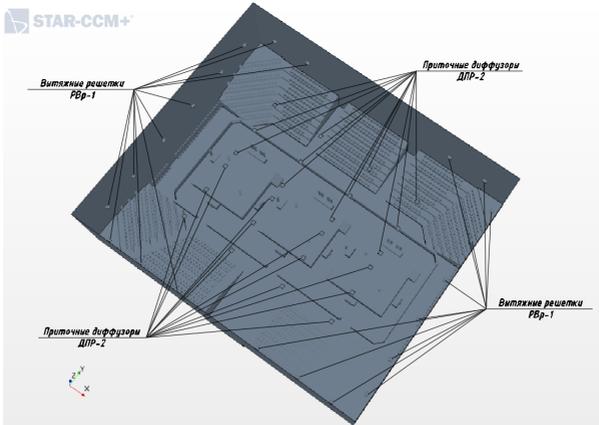


Рис. 1. Геометрия помещения

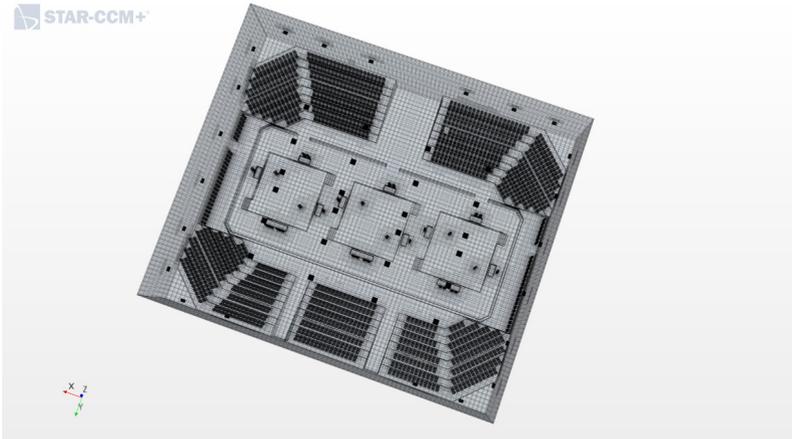


Рис. 2. Сетка помещения

Расчет производится до выравнивания графиков сходимости температуры, влагосодержания и углекислого газа на вытяжке (рис. 2–4).



Рис. 3. График температуры на вытяжке

Температура на вытяжке согласно расчету равна 25,4 °С. Полученная температура на вытяжке с помощью программного обеспечения STARCCM+ равна 25,2 °С. Следовательно, расчет произведен верно, с небольшой погрешностью.

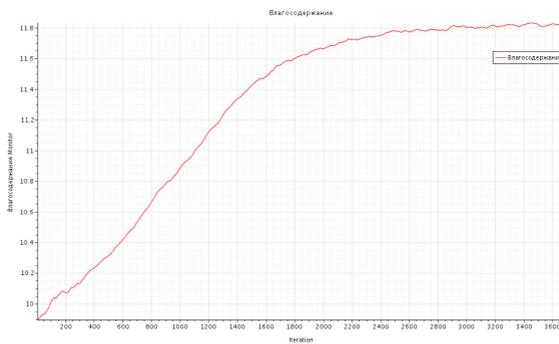


Рис. 4. График влагосодержания на вытяжке

Согласно расчету баланса влагосодержания, влага на вытяжке равна 11,9 г/кг. На графике значение влагосодержания равно 11,83 г/кг. Следовательно, расчет произведен верно, с небольшой погрешностью.

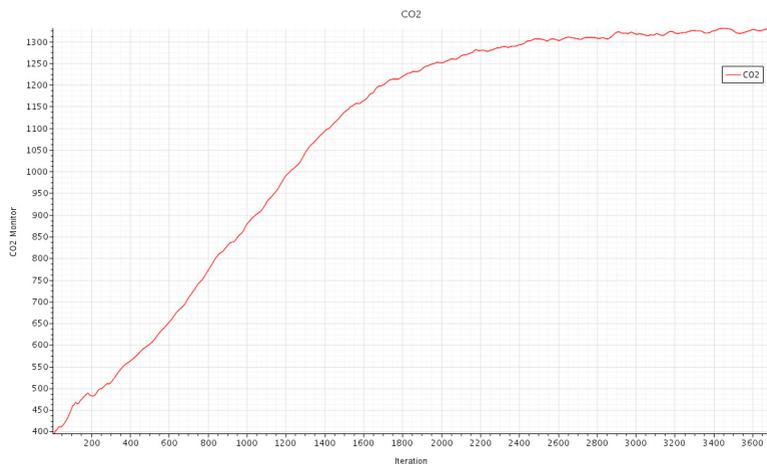


Рис. 5. График углекислого газа на вытяжке

Концентрация  $\text{CO}_2$ , вычисленная аналитически, равна 1363 ppm. Полученная с помощью STARCCM+ концентрация равна 1333 ppm. Следовательно, расчет произведен верно, с небольшой погрешностью. Как и в предыдущем пункте, значение, вычисленное аналитически по уравнению баланса, и значение, полученное с помощью программы, сошлись с небольшой погрешностью.

Результаты расчета представлены в виде рисунков (рис. 6–13), отображающих поля распределения температуры, влагосодержания, углекислого газа, скоростей движения воздуха и линии тока.

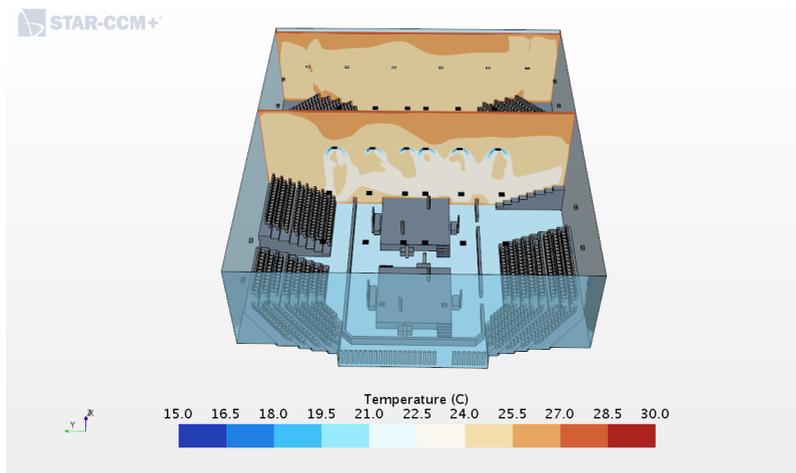


Рис. 6. Поля температуры воздуха в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

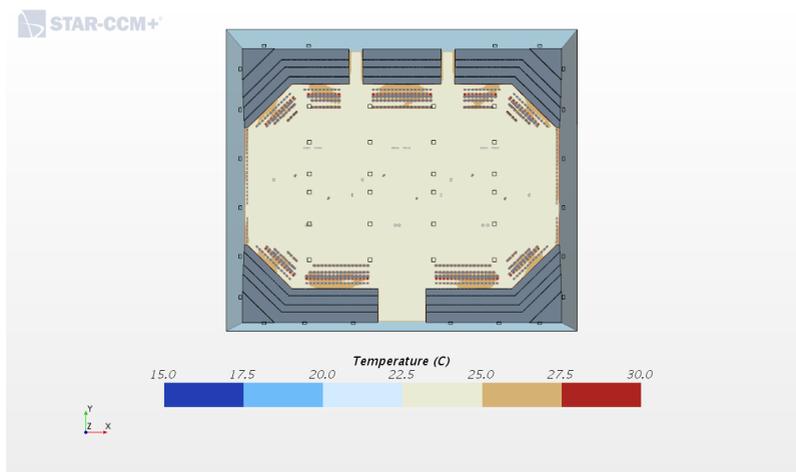


Рис. 7. Поля температуры воздуха в горизонтальной плоскости

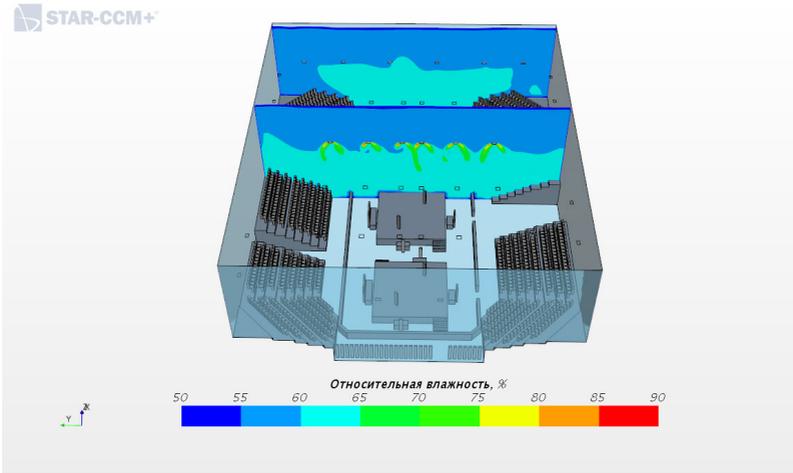


Рис. 8. Поля относительной влажности воздуха в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

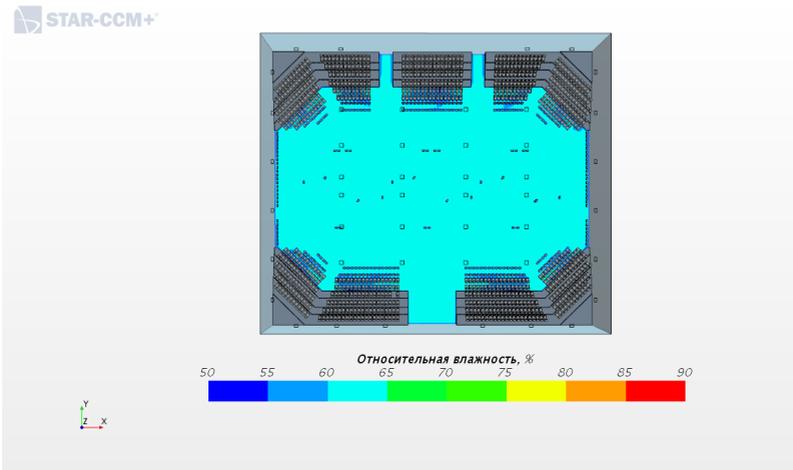


Рис. 9. Поля относительной влажности воздуха в горизонтальной плоскости

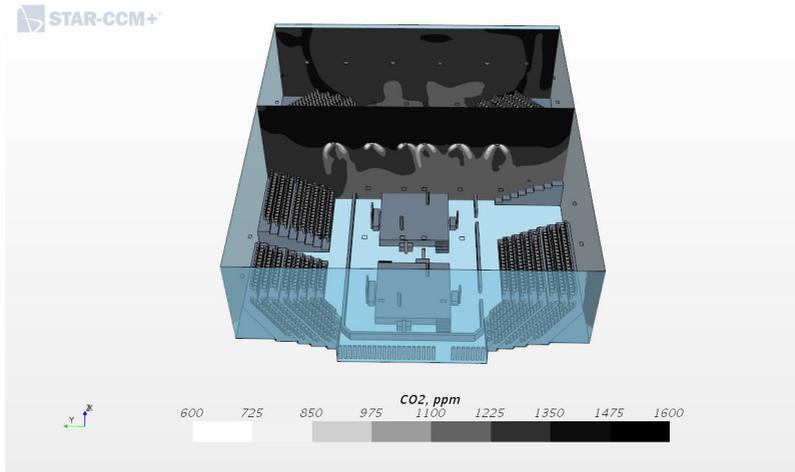


Рис. 10. Поля распределения углекислого газа в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

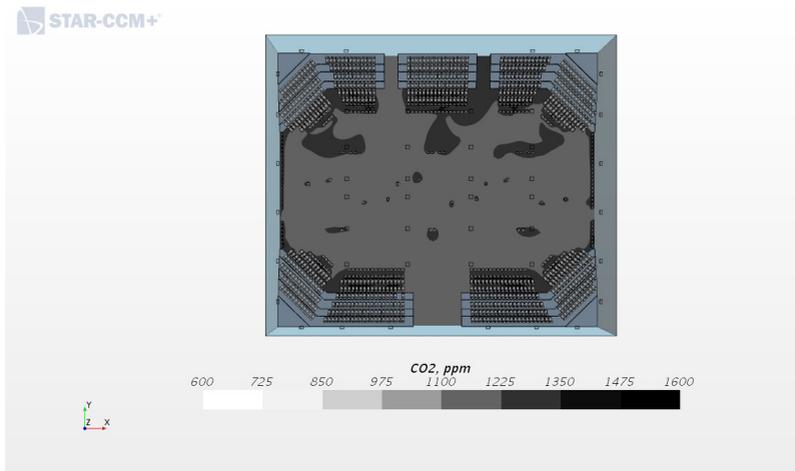


Рис. 11. Поля распределения углекислого газа в горизонтальной плоскости

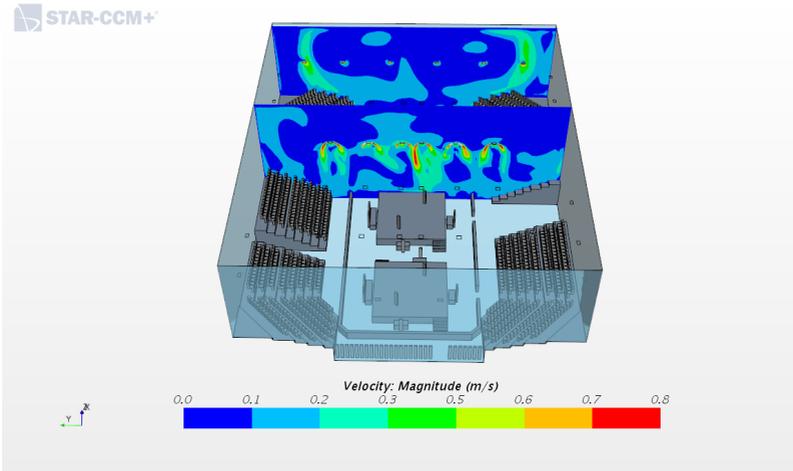


Рис. 12. Поля распределения скорости движения воздуха в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

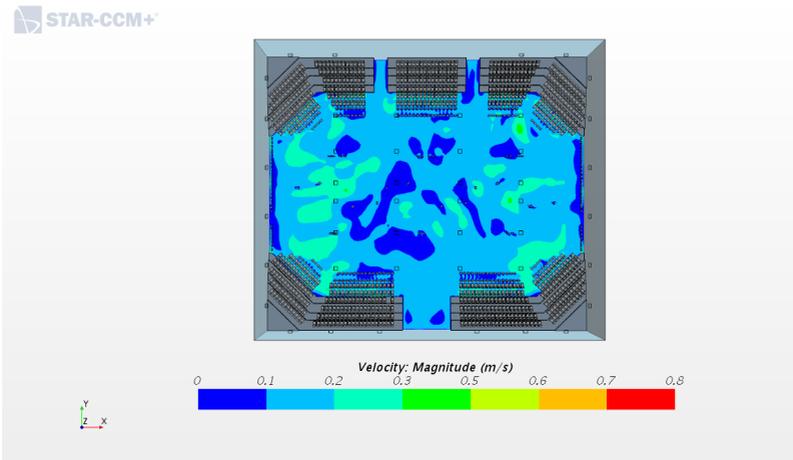


Рис. 13. Поля распределения скорости движения воздуха в горизонтальной плоскости

На рис. 6–7 видно, что в рабочей зоне температуры колеблются в диапазоне от 21 до 23 °С, что не будет отрицательно влиять на самочувствие людей, находящихся в рабочей зоне, а также данные значения соответствуют оптимальным параметрам 23 °С согласно [3].

Из рис. 8–9 видно, что относительная влажность в помещении находится в диапазоне от 60 до 65 %, что соответствует нормативным допустимым параметрам 65 % согласно [3].

Самая высокая концентрация углекислого газа находится в верхней части помещения, расположенной над приточными диффузорами, что видно из рис. 10–11. В зоне нахождения людей содержание углекислого газа колеблется в диапазоне от 1100 до 1200 ppm, что соответствует допустимому значению качества воздуха в помещении, согласно [3]. Следовательно, при длительном пребывании людей в помещении на их самочувствие не оказывается пагубное влияние.

Из рис. 12–13 наглядно видно, что средняя скорость воздуха в рабочей зоне колеблется от 0,01 до 0,3 м/с. Согласно [2] допустимое значение скорости движения воздуха не превышает 0,3 м/с, а значит расчетные значения соответствуют норме.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующий вывод: перемешивающая вентиляция справляется со своей задачей, а именно, обеспечивает требуемые параметры внутреннего микроклимата помещения. Все значения соответствуют нормируемым.

## **Литература**

1. СП 131.13330.2020 Свод правил. Спроектная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* М.: Стандартинформ, 2019. 109 с.
2. СП 332.1325800.2017 Свод правил. Спортивные сооружения. Правила проектирования (с изменением № 1).
3. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2019. 15 с. 4.
4. Денисихина Д. М. Особенности численного моделирования поведения воздушных потоков в объемах концертных и театральных залов // Науковедение. 2014. № 3 (22). 81TVN314.

УДК 628.83

*Анастасия Витальевна Богатая,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: bogatayanas@mail.ru*

*Anastasia Vitalievna Bogataya,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: bogatayanas@mail.ru*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАЛОГО ЗАЛА ТЕАТРА ОПЕРЫ И БАЛЕТА Г. СЕВАСТОПОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ STAR-CCM+**

### **SIMULATION OF THE AIR DISTRIBUTION OF THE SMALL HALL OF THE OPERA AND BALLET THEATER USING THE STAR-CCM+ PROGRAM**

Правильная организация воздухообмена в культурно-зрелищных учреждениях – это непростая задача для проектировщиков, от нее зависит в первую очередь комфорт посетителей, также эффективность работы системы вентиляции. При проектировании производят расчет скорости движения воздуха, количества теплоступлений от людей. Для данной статьи было произведено CFD-моделирование воздухораспределения в малом зале театра в г. Севастополь программным обеспечением Star-CCM+. Оценена работа системы вентиляции, справляется ли она с вредностями, выделяемыми людьми, соблюдаются ли рассчитанная температура на вытяжке, нормируемая скорость в объеме помещения.

*Ключевые слова:* моделирование, воздухообмен, перемешивающая вентиляция, театр, воздухораспределитель.

Proper organization of air exchange in cultural and entertainment institutions is not an easy task for designers, it primarily affects the comfort of visitors, as well as the efficiency of the ventilation system. When designing, they calculate the speed of air movement, the amount of heat gain from people. For this article, CFD modeling of air distribution in the small theater hall in Sevastopol was carried out using the Star-CCM + software. The work of the ventilation system was assessed, whether it copes with the hazards emitted by people, whether the calculated temperature on the hood, the normalized speed in the volume of the room are observed.

*Keywords:* modeling, air exchange, mixing ventilation, theater, air distributor.

CFD-моделирование позволяет на стадии проектирования объекта оценить правильность подобранной системы вентиляции, устранить недочеты, соблюсти нормируемые температуры и скорости воздуха [1].

### **Исходные данные для проектирования.**

Расчет проведен для теплого периода года.

Температура приточного воздуха 24°C, влагосодержание воздуха на притоке 9,8 г/кг; количество посетителей – 200; суммарные влаговыделения 8,88 кг/час; суммарные теплоизбытка 33815 Вт, из них от освещения 4005 Вт, полные от людей 27 010 Вт, дополнительные в объеме 2800 Вт; температура вытяжного воздуха 27 °С. Расчет приточного и вытяжного воздуха производится по полным теплоизбыткам и составляет  $L = 12\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$  для зала и  $L = 7250\ \text{м}^3/\text{ч}$  для оркестровой ямы [2].

### **Выбор схемы воздухораспределения.**

Существует две основные схемы: вытесняющая и перемешивающая вентиляция. При вытесняющей вентиляции воздух подается из нижней зоны с маленькой скоростью, при этом его температура меньше, чем воздух в помещении, за счет чего и работает принцип вытеснения. Для этого способа характерно большое количество приточных воздухораспределителей. При перемешивающей вентиляции, подаваемый с верхней зоны воздух, смешивается с воздухом в помещении и уже таким поступает в рабочую зону [3].

В зале предусмотрена перемешивающая вентиляция, так как в эксплуатации зала предусмотрены несколько вариантов:

- вариант 1 (для балета) – с амфитеатром зрительских мест, с заглублённой оркестровой ямой и сценой, приподнятой на 0,9 м над уровнем пола первого ряда;
- вариант 2 (камерный зал) – с амфитеатром зрительских мест и с оркестровой ямой поднятой до уровня сцены;
- вариант 3 (банкет) – с плоским полом в зале и приподнятой сценой;
- вариант 4 (танцпол) – с плоским полом, при этом, сцена и зал в одном уровне.

Для приточного воздуха в зале подобраны решетки с приводом со щелевым регулятором и стабилизатором потока – ПРС (рис. 1). Особенность этих решеток заключается в том, что внутренний ряд жалюзи при помощи привода может менять свой угол поворота на  $45^\circ$ . Подача воздуха осуществляется вертикальными струями сверху-вниз, наклонными или горизонтальными струями.



Рис. 1. Решетка приточная ПРС

По каталогу [4] подбираем типоразмер решетки  $500 \times 250$  с расходом  $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Решетки устанавливаются на боковых стенах зала, по 12 штук с каждой стороны.

Для вытяжного воздуха подобраны однорядные решетки АМР (рис. 2), они оснащены регулятором расхода воздуха.

По каталогу [4] подбираем типоразмер  $600 \times 600$  с расходом воздуха  $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$  для зала малой сцены и  $500 \times 500$  с расходом  $1815 \text{ м}^3/\text{ч}$  над оркестровой ямой. Вытяжка осуществляется из верхней зоны, перпендикулярно оси приточных решеток. Необходимо установить 4 решетки над зоной зала и 4 решетки над оркестровой ямой. Приток в оркестровую яму так же осуществляется с помощью решеток АМР типоразмером  $500 \times 500$  с расходом  $1815 \text{ м}^3/\text{ч}$ .



Рис. 2. Решетка вытяжная АМР

Для проведения расчета была построена кубическая сетка с 2,1 млн. ячеек с измельчением около приточных и вытяжных диффузоров.

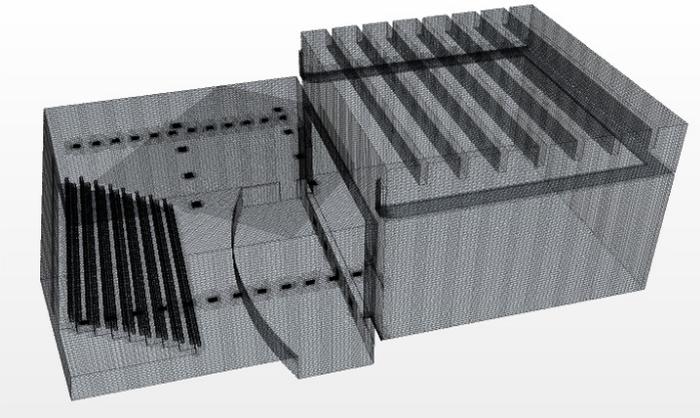


Рис. 3. Расчетная сетка

### Результаты исследования

По результатам моделирования в объеме зала соблюдается оптимальная температура воздуха ( $25\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), скорость воздуха с большей части зала соответствует допустимой (не более  $0,25\text{ м/с}$ ) [5], есть превышения от конвективного потока людей (скорость около  $0,4\text{ м/с}$ ), температура на вытяжке соответствует рассчитанной ( $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Результаты математического моделирования отображены на рис. 4–7 и представлены ниже.

На рис. 4 и 5 отображено распределение температуры в объеме зала. Исходя из них можно увидеть, что основной тепловой поток сконцентрирован над людьми, с этой области наблюдается повышенная температура.

На рис. 6 и 7 изображена подвижность воздуха в зале театра. Из них видно, что в оркестровой яме и над людьми незначительно превышено нормируемое значение по скорости [5], но в большей части объема помещения соблюдается нормируемое значение.

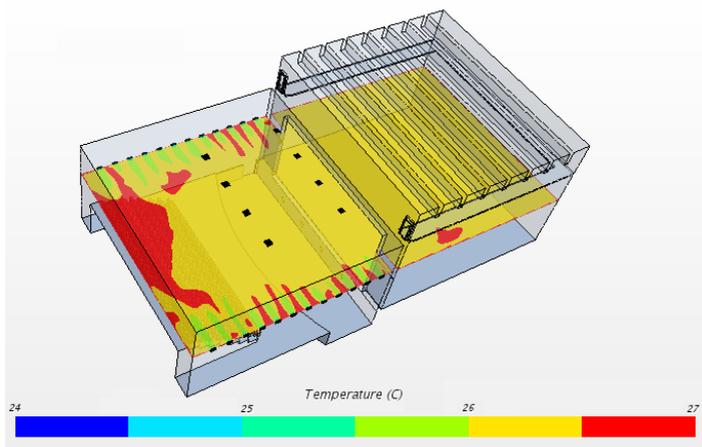


Рис. 4. Поле распределения температуры в поперечном сечении на уровне приточных ВРУ

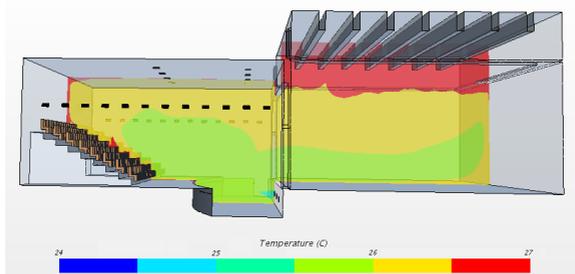


Рис. 5. Поле распределения температуры в продольном сечении

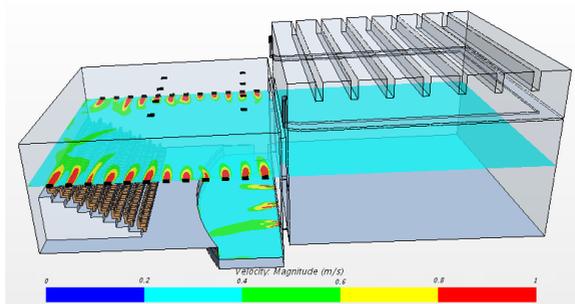


Рис. 6. Распределение скорости воздуха в поперечном сечении на уровне приточных ВРУ

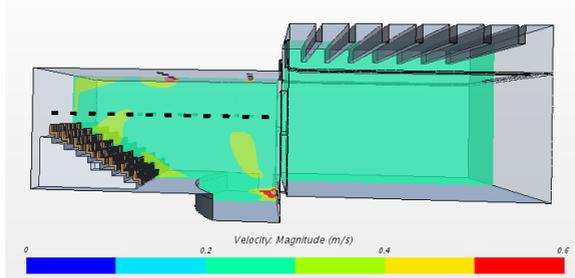


Рис. 7. Распределение скорости воздуха в продольном сечении

## **Вывод**

В ходе проведения моделирования было выявлено, что спроектированная система перемешивающей вентиляции справляется со своей задачей. Не было обнаружено критических отклонений от нормируемых значений.

## **Литература**

1. Денисихина Д. М. Особенности численного моделирования поведения воздушных потоков в объемах концертных и театральных залов // Научное издание. 2014. № 3 (22). С. 98.
2. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
3. Капсудина А. Ю. Анализ систем перемешивающей и вытесняющей вентиляции (предпосылки для выбора) // Молодой ученый. 2018. № 15 (201). С. 114–118.
4. Каталог Арктос [Электронный ресурс]: [http://www.arktos.ru/katalog/katalog\\_arktos.pdf](http://www.arktos.ru/katalog/katalog_arktos.pdf), свободный. – Загл. с экрана. (Дата обращения: март 2022).
5. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

## СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

---

УДК 621.791.3

*Глафира Сергеевна Бачманова,*  
студент

*Евгений Леонидович Желяев,*  
студент

*Дмитрий Владимирович Горлатов,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: bachmanovags@gmail.com,  
zhelyaev90@mail.ru,  
dgorlatov@lan.spbgasu.ru*

*Glafira Sergeevna Bachmanova,*  
student

*Evgeny Leonidovich Zhelyaev,*  
student

*Dmitriy Vladimirovich Gorlatov,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
of Architecture and Civil Engineering  
(Saint Petersburg State University)

*E-mail: bachmanovags@gmail.com,  
zhelyaev90@mail.ru,  
dgorlatov@lan.spbgasu.ru*

### СВИНЦОВЫЕ И БЕССВИНЦОВЫЕ ПРИПОИ

#### LEAD-BASED AND LEAD-FREE SOLDERS

Изучаются тенденция и последствия перехода от оловянно-свинцовых к бессвинцовым припоям в массово-производимой электронике в соответствии с директивой RoHS от 2002 года. Представлены химический состав и основные физико-механические параметры некоторых свинцовосодержащих и бессвинцовых припоев. Произведено сравнение бессвинцовых припоев с оловянно-свинцовыми. Рассмотрены особенности применения высокотемпературных припоев. Изучены экологические аспекты применения разных припоев и физико-механические свойства получаемых соединений. Описаны достоинства и недостатки, вызванные изъятием свинца из состава припоев и заменой его другими легирующими металлами.

*Ключевые слова:* бессвинцовые припой, свинцовосодержащие припой, низкотемпературная пайка, высокотемпературная пайка, RoHS.

The tendency and the consequences of the transition from lead-based to the lead-free solder in mass-produced electronics in accordance with the ROHS directive of 2002 are being studied. The chemical composition and the main physical and mechanical parameters of some lead-containing and lead-free solders are presented. Comparison of lead-free solders with lead-based solders has been made. The features

of the use of high-temperature solders are considered. The environmental aspects of the application of different solders and the physical and mechanical properties of the compounds obtained are studied. The advantages and disadvantages caused by the seizure of lead from the proportion of solders and replacing it with other alloying metals are described.

*Keywords:* lead-free solders, lead-based solders, low temperature soldering, high temperature soldering, RoHS.

В статье приводится обзор оловянно-свинцовых припоев, применяемых для сборки и монтажа электронных модулей согласно ГОСТ Р 59681–2021 [1,2]. С ними сравниваются бессвинцовые припой, применяемые для аналогичных задач, химический состав и основные параметры которых взяты из отраслевого стандарта [3].

Свинец в составе припоя нужен, в основном, для понижения температуры плавления основного компонента (олова) для облегчения процесса пайки. По температуре плавления припой разделяются на припой для низкотемпературной пайки (с температурой плавления не выше 450 °С) и припой для высокотемпературной пайки (с температурой плавления выше 450 °С) [1]. Свинцовосодержащие припой бывают только низкотемпературными, бессвинцовые делятся на низкотемпературные и высокотемпературные. Первые по температуре плавления мало отличаются от свинцовосодержащих, вторые – имеют температуру ощутимо выше.

Химический состав некоторых припоев для низкотемпературной пайки показан в табл. 1 [3]. Химический состав припоев для высокотемпературной пайки показан в табл. 2 [3].

Каждый компонент в составе припоя играет определенную роль. Основным металлом в низкотемпературных припоях является олово (табл. 1). Олово образует интерметаллиды с большинством паяемых материалов (медь, никель, серебро, золото) [4], что дает качественный контакт.

Сурьма (см. табл. 1: ПОССу 50–0,5, ПСрОСУ 8) приводит к росту числа эвтектических структур; влияет на смачиваемость, уменьшая степень перегрева при определенном соотношении; увеличивает коэффициент распространения припоя; увеличивает

прочность соединения на сдвиг при определенном соотношении и содержании висмута [5]. Висмут влияет на диапазон температур плавления, при снижении его содержания в составе припоя диапазон увеличивается [5]. Кадмий может повышать сопротивляемость сплава коррозии во влажной среде [6]. Индий так же, как и кадмий, повышает коррозионную стойкость припоя [6] и может заменить более токсичный кадмий.

Таблица 1

**Химический состав припоев  
для низкотемпературной пайки**

Марки припоев	Химический состав, %								
	Олово	Сурьма	Свинец	Кадмий	Цинк	Висмут	Серебро	Индий	Сумма примесей, не более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Свинцовосодержащие припои									
ПОС 61	59,0– 61,0	–	Ост.	–	–	–	–	–	0,29
ПОССу 50–0,5	49,0– 51,0	0,05– 0,50	Ост.	–	–	–	–	–	0,27
Сплав Розе	17,5– 18,5	–	31,5– 32,5	–	–	49,5– 51,5	–	–	–
Сплав Вуда	8,8– 9,7	–	40,3– 41,2	8,8– 9,7	–	39,0– 40,2	–	–	–

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бесвинцовые припои									
ПСрО 3–97	Ост.	–	–	–	–	–	2,7– 3,3	–	0,3
ПСрОСу 8	Ост.	7,00– 8,00	–	–	–	–	7,5– 8,5	–	0,4
ПОИн 52	Ост.	–	–	–	–	–	–	51,0– 53,0	0,06
ПОЦ 55 (АВИА)	54,0– 56,0	–	–	19,0– 21,0	24,0– 26,0	–	–	–	0,35

\*Ост. – остальное.

Серебро в большом процентном соотношении значительно улучшает электропроводность (см. табл. 2 и 4: ПСр 70, ПСр 72, ПСр 45). Цинк и медь в составе припоев, где основным компонентом является серебро, понижают температуру плавления, что облегчает процесс пайки. Температура плавления серебра в чистом виде достаточно высока (примерно 962 °С). Припое на основе серебра используются там, где соединения могут подвергаться воздействию высоких температур.

В табл. 3 [3] приведены свойства бессурьмянистого (ПОС) и малосурьмянистого (ПОССу 50–0,5) и других припоев. Первая цифра показывает массовую долю олова в припое в процентах.

Вторая цифра через тире показывает процентное содержание сурьмы. Также показаны легкоплавкие припои – сплавы Вуда и Розе с температурой плавления ниже 100 °С. Массовая доля свинца указана в табл. 1.

Таблица 2

**Химический состав припоев  
для высокотемпературной пайки**

Марки	Химический состав, %					
	Серебро	Медь	Цинк	Железо	Другие металлы	Сумма примесей, не более
Бессвинцовые припои						
ПСр 70	69,5–70,5	25,50–26,50	Остальное	–	–	0,2
ПСр 72	71,5–72,5	Остальное	–	–	–	0,15
ПСр 45	44,5–45,5	29,50–30,50	Остальное	–	–	0,3
ПрМЦФЖ 24–6–0,75	–	Остальное	22,0–26,0	0,5–1,0	Фосфор 5,00–7,00	0,7

Еще до принятия директивы, ограничивающей содержание вредных веществ Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHS) [9] появилась публикация [10], поднимающая основные проблемы перехода со свинцовосодержащих на бессвинцовые припои. Свинец входит в перечень токсичных веществ. В соответствии с RoHS в Евросоюзе (ЕС) полностью запрещено использование свинца при производстве радиоэлектронной аппаратуры.

Согласно изученным источникам достоинства от перехода на бессвинцовые припои, в основном, связаны с их большей «экологичностью». Однако исследования фирм, занимающихся оборудова-

нием для фильтрации паяльного дыма [11], показывают, что содержание в дыме свинца не превышает допустимых норм в  $0,1 \text{ мг/м}^3$ . В то же время увеличение температуры плавления в бессвинцовых припоях на  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  вынуждает увеличить и количество флюса на  $50\text{--}70 \%$  [11]. Это влечет за собой повышенное количество паяльного дыма и необходимость в улучшенной его фильтрации.

Таблица 3

**Физико-механические свойства припоев  
для низкотемпературной пайки**

Марка припоя	Температура плавления, $^\circ\text{C}$		Временное сопротивление разрыву при температуре $20^\circ\text{C}$ , $\text{Н/мм}^2 \cdot 10^6$	Плотность при температуре $20^\circ\text{C}$ , $\text{кг/м}^3$	Коэффициент теплового расширения, $\alpha \cdot 10^6$	Теплопроводность, $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	Удельное электросопротивление, $(\text{Ом}\cdot\text{м}) \cdot 10^{-6}$
	Начальная (солидус [7])	Конечная (ликвидус [8])					
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Свинцовосодержащие припои</b>							
Сплав Розе	93	96	–	9900	–	–	0,123
Сплав Вуда	66	70	59,84	9500	9,0	–	0,460
ПОС 61	183	190	42,18	8500	24	50,24	0,139
ПОССу 50–0,5	183	216	37,28	8900	23,4	48,89	0,149
<b>Бессвинцовые припои</b>							
ПСрО 3–97	221	225	–	7400	–	–	0,125
ПСрОСУ 8	235	250	–	7400	–	–	0,197

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
ПОИ <sub>н</sub> 52	121	121	21,88	7300	–	–	0,280
ПОЦ 55 (АВИА)	163	200	96,14	7500	23,30	–	0,063

Таблица 4

**Физико-механические свойства припоев  
для высокотемпературной пайки**

Марка припоя	Температура плавления, °С		Временное сопротивление разрыву при температуре 20°С, Н/м <sup>2</sup> ·10 <sup>6</sup>	Плотность при температуре 20°С, кг/м <sup>3</sup>	Удельное электросопротивление, (Ом·м)·10 <sup>-6</sup>
	Начальная (солидус [7])	Конечная (ликвидус [8])			
Бессвинцовые припои					
ПСр 70	715	770	294,3– 343,35	9800	0,042
ПСр72	779	779	294,30	10000	0,022
ПСр 45	665	730	294,30	9100	0,097
Л63	900	905	304,11	8500	0,071
ПрМцФЖ 24–6–0,75	690	700	218,82– 255,06	7800	0,177

Также увеличение температуры пайки может вызывать дефекты композитных материалов печатных плат и пластиковых раз-

емных соединений, деформируя их. К тому же некоторые электронные компоненты, не рассчитанные на высокотемпературные воздействия, могут выходить из строя. На каждые 8 °С увеличения температуры пайки приходится удвоение числа дефектов [12].

Бессвинцовые припои так же, как и свинцовосодержащие, могут содержать токсичные металлы:

- кадмий (см. табл. 1, ПОЦ 55 (АВИА)), который входит в перечень запрещенных к применению вредных веществ согласно RoHS [9];
- фосфор (см. табл. 2, ПрМЦФЖ 24–6–0,75), снижающий образование шлама на 80–90 % [13].

Бессвинцовые припои обладают меньшей смачиваемостью, поэтому для упрощения процесса пайки и повышения качества соединения необходимо применять специальные флюсы [14].

Стоимость бессвинцовых припоев, как правило, выше из-за содержащихся в них драгоценных или редких металлов (серебро, индий и т. д.). Однако сплавы на основе, например, олова, серебра и индия обладают невысокой ползучестью [14], что, при прочих равных условиях, делает их более долговечными. Также высокотемпературные бессвинцовые припои существенно прочнее любых низкотемпературных (см. табл. 3 и 4: временное сопротивление разрыву).

Для электронной аппаратуры ответственного назначения (класс С) в соответствии с ГОСТ Р 56427–2015 [15], однако, предусматривается традиционная пайка сплавами с не менее чем 30 % содержанием свинца.

Выбор припоя зависит от многих факторов, но не является большой проблемой, так как нормативная документация в этой сфере достаточно разработана. Основной проблемой является практически безальтернативное применение в массово-производимой электронике бессвинцовых припоев в связи с «экологическими» ограничениями. Это вызывает многие трудности на всех этапах производства и эксплуатации оборудования, содержащего паяные соединения.

## Литература

1. ГОСТ Р 59681-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Сборка и монтаж электронных модулей. Припой, флюсы для пайки, припойные пасты. Марки, состав, свойства и область применения (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 14.09.2021 N 960-ст). URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=31834#JZIUbzSyjZaFOWPv2> (дата обращения: 09.03.2022).
2. ГОСТ 21930-76. Припой оловянно-свинцовые в чушках. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4) от 16 июня 1976. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200083335> (дата обращения: 09.03.2022).
3. ОСТ 4Г 0.033.200. Припой и флюсы для пайки, припойные пасты. Марки, состав, свойства и область применения. Редакция 1-78 (с Изменениями 1-25, с Поправкой 1) от 01 января 1980. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200083335> (дата обращения: 09.03.2022).
4. Лии Л. М., Мохамед А. А. Образование интерметаллических слоев при использовании бессвинцовых припоев // Технологии в электронной промышленности. – 2014. – №6. – С. 42–48.
5. Чэн Ч., Лью С.-Д., Тонг Г.-Ц., Чжоу Ц., Сюэ Ф., Черняк А., Щекин В. Влияние добавок сурьмы на свойства оловянно-висмутовых припоев // Технологии в электронной промышленности. – 2015. – №3. – С. 48–52.
6. Лашко С. В., Лашко Н. Ф. Пайка металлов. 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
7. Солидус – это... Что такое Солидус. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/326479> (дата обращения: 09.03.2022).
8. Ликвидус – это... Что такое Ликвидус. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/326475> (дата обращения: 09.03.2022).
9. EUR-Lex – 02002L0095-20110910 – EN – EUR-Lex. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02002L0095-20110910> (дата обращения: 09.03.2022).
10. Григорьев В. Бессвинцовая технология – требование времени или прихоть законодателей от экологии? // Электронные компоненты. – 2001. – № 6. – С. 72–78.
11. Михайлова Г. Переход к бессвинцовому припою. Fitronic предупреждает... // Компоненты и технологии. – 2004. – №4. – С. 188–191.
12. Медведев А. М. Бессвинцовые технологии монтажной пайки // Электронные компоненты. – 2004. – № 11. – С. 29–34.
13. Поцелуев, Д. Чистота – залог припоя: часть 2. Микролегированные бессвинцовые припой для групповой пайки // Вектор высоких технологий. – 2017. – №4 (33). – С. 40–44.

14. Ланин В. Повышение качества паяных соединений бессвинцовыми припоями // Технологии в электронной промышленности. – 2016. – №1. – С. 38–41.

15. ГОСТ Р 56427-2015. Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств. Автоматизированный смешанный и поверхностный монтаж с применением бессвинцовой и традиционной технологий. Технические требования к выполнению технологических операций от 10 июня 2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200121321> (дата обращения: 16.03.2022).

**УДК 681.5.017**

*Егор Михайлович Вовкодав,*

студент

*Алексей Дмитриевич Мехедов,*

студент

*Владимир Андреевич Колесников,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: vovk.ego@yandex.ru,*

*mekhedov\_al@mail.ru,*

*vovka.kolesnikov\_95@mail.ru*

*Egor Mikhailovich Vovkodav,*

student

*Alexey Dmitrievich Mekhedov,*

student

*Vladimir Andreevich Kolesnikov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: vovk.ego@yandex.ru,*

*mekhedov\_al@mail.ru,*

*vovka.kolesnikov\_95@mail.ru*

**АЛГОРИТМ СИНХРОНИЗАЦИИ ДЛЯ УПРУГОЙ  
ДВУХРОТОРНОЙ ВИБРОУСТАНОВКИ ПРИ УЧЕТЕ  
ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

**SYNCHRONIZATION ALGORITHM FOR AN ELASTIC  
TWO-ROTOR VIBRATION INSTALLATION TAKING INTO  
ACCOUNT THE DYNAMICS OF ELECTRIC DRIVES**

Проведен компьютерный анализ непосредственной эффективности алгоритма управления синхронизацией для двухроторной виброустановки при учете динамики электроприводов и при учете упругости связи двигателей и дебалансных роторов в программной среде Matlab. Проведено компьютерное моделирование, при котором варьировались различные параметры упругой связи, такие как коэффициент жесткости и коэффициент демпфирования. Получены дифференциальные уравнения, которые описывают динамику упругой двухконтурной виброустановки с учетом электроприводов. Рассмотрены графики изменения основных переменных, полученных в программной среде Matlab и описывающих виброустановку.

*Ключевые слова:* компьютерное моделирование, дифференциальные уравнения, виброустановки, алгоритм, синхронизация.

A computer analysis of the direct effectiveness of the synchronization control algorithm for a two-rotor vibration installation is carried out, taking into account the dynamics of electric drives and taking into account the elasticity of the coupling of motors and unbalanced rotors in the Matlab software environment. A computer

simulation was carried out, in which various parameters of the elastic bond, such as the stiffness coefficient and the damping coefficient, were varied. Differential equations are obtained that describe the dynamics of an elastic two-circuit vibration installation taking into account electric drives. Graphs of changes in the main variables obtained in the Matlab software environment and describing the vibration installation are considered.

*Keywords:* computer simulation, differential equations, vibration installations, algorithm, synchronization.

Мехатронные виброустановки (ВУ), основанные на принципах управления с обратными связями, позволяют реализовывать сложные алгоритмы управления с помощью компьютера, на котором осуществляется расчет управляющих моментов по заданным специальным алгоритмам [1, 2]. В статьях [3, 4] рассматривались вопросы эффективности алгоритмов управления синхронизацией для двухроторных и трехроторных ВУ при учете упругости карданных валов, связывающих двигатели и дебалансные роторы, но без учета влияния динамики электроприводов. В статье [5] рассматривалась модель динамики упругой двухроторной ВУ без учета динамики электроприводов при управлении с помощью специальных алгоритмов, обеспечивающих прохождение через резонансные частоты при ограничениях на управляющие электромеханические моменты. В статье [6] изучалось влияние заданного в алгоритме синхронизации сдвига фаз роторов на вид вибрационного поля для модели двухроторной ВУ при учете динамики электроприводов и при учете упругости карданных валов.

Однако следует проанализировать непосредственно эффективность алгоритмов управления синхронизацией для двухроторной ВУ и при учете динамики электроприводов, и при учете упругости связи двигателей и дебалансных роторов. В данной работе указанный анализ эффективности алгоритма проводится с помощью моделирования в программной среде Matlab.

Поскольку двигатели расположены на неподвижных опорах, а неуравновешенные роторы установлены на вибрирующей платформе (подшипниках), то связи, реализованные через карданные

валы, следует считать упругими. В этой статье будет учитываться только упругость при кручении. Введем обозначения:  $i = 1, 2$  – номера роторов;  $M_{mi}$  – электромеханические моменты двигателей;  $\omega_i$  – угловые скорости двигателей;  $c_B, b_B$  – жесткость и коэффициент демпфирования карданных валов;  $\varphi, \varphi_1, \varphi_2$  – угол поворота платформы и углы поворота роторов соответственно, отсчитываемые от горизонтального положения;  $x_c, y_c$  – горизонтальное и вертикальное смещения центра платформы  $O'$  от положения равновесия  $O$ ;  $m_i = m, i = 1, 2$  и  $m_n$  – массы роторов и платформы;  $J_i = J$  – моменты инерции роторов;  $\rho_i = \rho$  – эксцентриситеты роторов;  $c_{01}, c_{02}$  – горизонтальная и вертикальная жесткости пружины;  $g$  – ускорение свободного падения;  $m_0$  – общая масса установки,  $m_0 = 2m + m_n$ ;  $\beta$  – коэффициент демпфирования;  $k_r$  – коэффициент трения в подшипники;  $M_i = u_i(t)$  – моменты двигателей (управляющие переменные);  $r$  – расстояние от точек крепления роторов до  $O'$ . Предполагается, что роторы одинаковы, валы роторов ортогональны движению опоры.

Для описания упругих валов с помощью уравнений в пространстве состояний введем переменные состояния  $z_{1i} = \omega_i$  и  $z_{2i}$ . При учете динамики привода в процессе моделирования управляющий момент  $M_{mi}$ , рассматривается как входной сигнал для математической модели упругого карданного вала. Поскольку в лабораторной установке СВ-2 использовались двигатели постоянного тока, структура электропривода выбрана как традиционная одноконтурная система с токовым контуром и пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором тока  $W_{CR}(p) = b(\tau p + 1) / \tau p$ , настроенным на оптимум по модулю;  $b, \tau$  – динамический коэффициент усиления и постоянная времени регулятора. Здесь используются следующие обозначения:  $I_a$  – ток якоря;  $E_{TC}$  и  $E_m$  – ЭДС преобразователя и двигателя;  $k_{TC}$  и  $k_{CS}$  – коэффициенты усиления преобразователя и обратной связи по току;  $kF$  – коэффициент двигателя по моменту (ЭДС);  $T_{TC}$  и  $T_{CS}$  – постоянные времени преобразователя и датчика тока;  $T_a$  – постоянная времени якоря;  $R_a$  – сопротив-

ление цепи якоря;  $U_{CR}$  и  $U_{CS}$  – выходные напряжения регулятора тока и датчика тока;  $U_i$  – напряжение, соответствующее расчетному управляющему моменту  $M_p$ , полученному в соответствии с уравнениями (1),  $k_m = kF$ . Тогда дифференциальные уравнения, описывающие динамику упругой двухроторной ВУ с учетом электроприводов, имеет следующий вид [6]:

1) дифференциальные уравнения для механической подсистемы ВУ:

$$\begin{aligned}
 & m_0 \ddot{x}_c - \ddot{\phi} m \rho [\sin(\varphi + \varphi_1) + \sin(\varphi + \varphi_2)] - \ddot{\phi}_1 m \rho \sin(\varphi + \varphi_1) - \\
 & - \ddot{\phi}_2 m \rho \sin(\varphi + \varphi_2) - \dot{\phi}^2 m \rho [\cos(\varphi + \varphi_1) + \cos(\varphi + \varphi_2)] - \\
 & - \dot{\phi}_1^2 m \rho \cos(\varphi + \varphi_1) - \dot{\phi}_2^2 m \rho \cos(\varphi + \varphi_2) - \\
 & - 2\dot{\phi}\dot{\phi}_1 m \rho \cos(\varphi + \varphi_1) - 2\dot{\phi}\dot{\phi}_2 m \rho \cos(\varphi + \varphi_2) + 2c_{01}x_c + \beta\dot{x}_c = 0; \\
 & m_0 \ddot{y}_c + \ddot{\phi} m \rho [\cos(\varphi + \varphi_1) + \cos(\varphi + \varphi_2)] - \ddot{\phi}_1 m \rho \cos(\varphi + \varphi_1) - \\
 & - \ddot{\phi}_2 m \rho \cos(\varphi + \varphi_2) - \dot{\phi}^2 m \rho [\sin(\varphi + \varphi_1) + \sin(\varphi + \varphi_2)] - \\
 & - \dot{\phi}_1^2 m \rho \sin(\varphi + \varphi_1) - \dot{\phi}_2^2 m \rho \sin(\varphi + \varphi_2) - 2\dot{\phi}\dot{\phi}_1 m \rho \sin(\varphi + \varphi_1) - \\
 & - 2\dot{\phi}\dot{\phi}_2 m \rho \sin(\varphi + \varphi_2) + m_0 g + 2c_{02}y_c + \beta\dot{y}_c = 0; \\
 & -\ddot{x}_c m \rho [\sin(\varphi + \varphi_1) + \sin(\varphi + \varphi_2)] + \ddot{y}_c m \rho [\cos(\varphi + \varphi_1) + \cos(\varphi + \varphi_2)] + \\
 & + \ddot{\phi} [J + J_1 + J_2 - 2r m \rho (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)] + \ddot{\phi}_1 (J_1 - r m \rho \cos \varphi_1) + \\
 & + \ddot{\phi}_2 (J_2 + r m \rho \cos \varphi_2) + \dot{\phi}_1^2 r m \rho \sin \varphi_1 - \dot{\phi}_2^2 r m \rho \sin \varphi_2 + \\
 & + 2r m \rho \dot{\phi}\dot{\phi}_1 \sin \varphi_1 - 2r m \rho \dot{\phi}\dot{\phi}_2 \sin \varphi_2 + \\
 & + m \rho g [\cos(\varphi + \varphi_1) + \cos(\varphi + \varphi_2)] + c_{03} \varphi + \beta\dot{\varphi} = 0; \\
 & -\ddot{x}_c m \rho \sin(\varphi + \varphi) + \ddot{y}_c m \rho \cos(\varphi + \varphi_1) + \ddot{\phi} (J_1 - r m \rho \cos \varphi_1) + \\
 & + \ddot{\phi}_1 J_1 - \dot{\phi}^2 r m \rho \sin \varphi_1 + m \rho g \cos(\varphi + \varphi_1) + k_c \dot{\phi}_1 = M_{u1}; \\
 & -\ddot{x}_c m \rho \sin(\varphi + \varphi_2) + \ddot{y}_c m \rho \cos(\varphi + \varphi_2) + \ddot{\phi} (J_2 - r m \rho \cos \varphi_1) + \\
 & + \ddot{\phi}_2 J_2 + \dot{\phi}^2 r m \rho \sin \varphi_2 + m \rho g \cos(\varphi + \varphi_2) + k_c \dot{\phi}_2 = M_{u2};
 \end{aligned}$$

2) уравнения, описывающие упругость карданных валов, соединяющих двигатели и неуравновешенные роторы:

$$\begin{aligned}\dot{z}_{1i} &= \frac{1}{J_i}(M_{mi} - M_{ui}) = \frac{1}{J_i}M_{mi} - \frac{1}{J_i}(z_{2i} + b_B(z_{1i} - \dot{\phi}_i)); \\ \dot{z}_{2i} &= c_B(z_{1i} - \dot{\phi}_i)z_{1i} - \dot{\phi}_i; \\ M_{ui} &= z_{2i} + b_B(z_{1i} - \dot{\phi}_i);\end{aligned}$$

3) уравнения, описывающие динамику электроприводов постоянного тока:

$$\begin{aligned}\dot{I}_a &= \frac{1}{T_a}\left(-I_a + \frac{1}{R_a}(E_{TC} - E_m)\right), \\ \dot{E}_{TC} &= \frac{1}{T_{TC}}(-E_{TC} + k_{TC}U_{CS}), \\ U_{CS} &= b(U_1 - U_{CS}) + U_{CS1} \\ E_m &= kF\dot{\phi} + U_{CS1} \\ M_m &= k_m I_a\end{aligned}$$

Алгоритм управления синхронизацией рассчитан по методу скоростного градиента и имеет вид [6]

$$\begin{cases} M_1 = -\gamma_1 \left\{ (1-\alpha)(H - H^*)\dot{\phi}_1 + \frac{\alpha}{J_1}(\dot{\phi}_1 \pm \dot{\phi}_2) + \frac{\alpha}{J_1}(\phi_1 \pm \phi_2 + \Delta\phi_1^*) \right\}; \\ M_2 = -\gamma_2 \left\{ (1-\alpha)(H - H^*)\dot{\phi}_2 \pm \frac{\alpha}{J_2}(\dot{\phi}_1 \pm \dot{\phi}_2) \pm \frac{\alpha}{J_2}(\phi_1 \pm \phi_2 + \Delta\phi_2^*) \right\}, \end{cases}$$

где  $\Delta\phi_1^*$ ,  $\Delta\phi_2^*$  – константы, задающие сдвиг фаз роторов,  $0 < \alpha < 1$ ,  $\gamma_i > 0$ .

В процессе компьютерного моделирования варьировались параметры упругой связи: коэффициента жесткости  $c_B$  и коэффициента демпфирования  $b_B$ . Результаты моделирования, приведенные на рисунке, получены при заданной полной энергии  $H^* = 150$  Дж, ограничении, равном  $|M_i| \leq 5$  Н·м, и значениях параметров упругого вала  $c_B = 500$  Н·м/рад,  $b_B = 0,5$  Н·м·с.

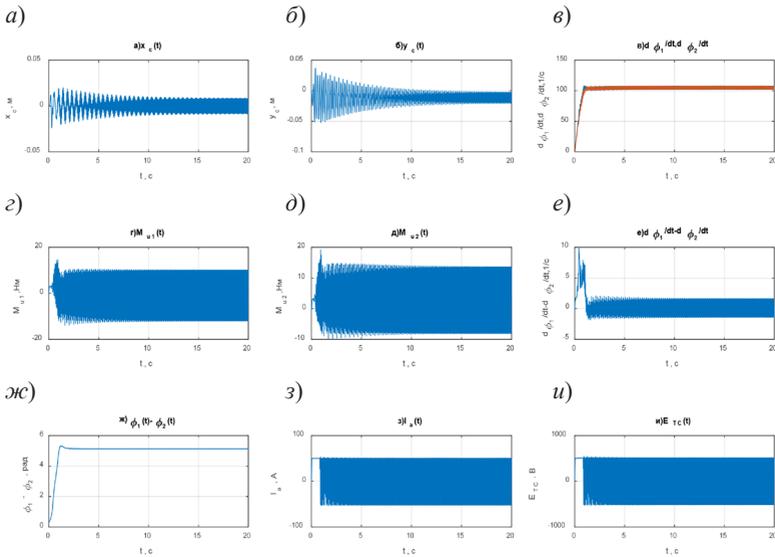


Рис. 1. Графики изменения основных переменных, описывающих ВУ:

- $a - x_c(t)$  – горизонтальная координата платформы  $x_c$ , м;
- $b - y_c(t)$  – вертикальная координата платформы  $y_c$ , м;
- $в - d\phi_1(t)/dt, d\phi_2(t)/dt$  – скорости 1-го и 2-го роторов;
- $г - M_{u1}$  – упругий момент 1-го привода;  $д - M_{u2}$  – упругий момент 2-го привода;  $е - (d\phi_1(t)/dt) - (d\phi_2(t)/dt)$  – разность скоростей роторов;
- $ж - (\phi_1 - \phi_2)$  – разность фаз роторов, рад;  $з - I_a$  – ток 1-го ротора, А;
- $и - E_{TC}$  – ЭДС 1-го тиристорного преобразователя, В

## Заключение

Моделирование динамики двухроторной ВУ с учетом упругости карданных валов, ограничений на управляющие моменты и динамики электроприводов при варьировании параметров упругого карданного вала  $c_B$  от 500 Н·м/рад до 5000 Н·м/рад и  $b_B$  от 0,3 Н·м·с до 0,9 Н·м·с показало, что время синхронизации увеличивается при уменьшении коэффициента демпфирования  $b_B$  в 1,5 ÷ 2 раза. При увеличении коэффициента жесткости  $c_B$  максимальное значение упругого момента  $|M_{ii \max}|$  уменьшается, а при уменьшении коэффициента демпфирования  $b_B$   $|M_{ii \max}|$  увеличивается. При этом время выхода скоростей роторов в установившийся режим и максимальная амплитуда колебаний платформы  $|y_{c \max}(t)|$  практически не зависит от параметров упругих валов.

## Литература

1. Управление мехатронными вибрационными установками / Под. ред. И. И. Блехмана и А. Л. Фрадкова. – СПб: Наука, 2001. – 278 с.
2. Tomchina O., Galitskaya V., Gorlatov D., Bagaev J. Master-slave and mutual multiple synchronization for multi-rotor vibration units // Cybernetics And Physics. 2012. Vol. 1. № 3, P. 216–222.
3. Томчина О. П., Резниченко В. В., Терентьева. О. В. Исследование динамики двухроторной вибрационной установки с учетом упругости карданных валов // Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. С. 841–850.
4. Томчина О. П., Резниченко В. В., Горлатов Д. В. Энергоскоростные алгоритмы синхронизации для многороторных вибрационных установок с упругими карданными валами// Информатика и системы управления. 2014. 4 (42). С. 101–112.
5. Fradkov A. L., Tomchina O. P., Tomchin D. A. Controlled passage through resonance for flexible vibration units // Mathematical Problems in Engineering. 2015. Vol. 2015, 839105.
6. Tomchina O. P. Control of vibrational field in an elastic vibration unit with DC motors and time-varying observer // Cybernetics and Physics. 2021. Vol. 10. № 4. P. 277–287.

УДК 621.316

*Саиджон Хасанович Гафуров,*

студент

*Шерзод Эркинович Рахамов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: Jonas\_11\_99@mail.ru,*

*lionsher.95@mail.ru*

*Saidjon Hasanovich Gafurov,*

student

*Sherzod Erkinovich Rahamov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: Jonas\_11\_99@mail.ru,*

*lionsher.95@mail.ru*

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ**

### **METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING PARAMETERS OF SMART BUILDINGS**

Рассматривается проблема того, как существующие правила, поддерживающие снижение энергопотребления в зданиях посредством инженерного определения энергоэффективности, не могут в полной мере дать истинную и надежную оценку и оценить реальное влияние на потребление энергии. Показано, насколько сложно технически доказать, что здание действительно является энергосберегающим и умным, и что все аспекты энергоэффективности, рассматриваются одинаково. Рассматривается доступность солнечной энергии и ее влияние на архитектуру дома. Затронуты темы параметров конструкции здания, строительных материалов, а также параметры работы оборудования и систем отопления, основанных на активном использовании солнечной энергии, энергии земли (через тепловой насос) и сбросного тепла от системы вентиляции.

*Ключевые слова:* энергоэффективность зданий, солнечные пассивные системы, здания с низким энергопотреблением, энергоэффективность, «умные» здания.

The problem of how existing rules supporting the reduction of energy consumption in buildings through engineering determination of energy efficiency cannot fully give a true and reliable assessment and assess the real impact on energy consumption. It is shown how difficult it is to technically prove that the building is really energy-saving and smart, and that all aspects of energy efficiency are considered the same. The availability of solar energy and its effect on the architecture of

the house is considered. Cheap the theme of the construction of the building, building materials, as well as the parameters of the equipment and heating systems based on the active use of solar energy, the energy of the Earth (through the heat pump) and the reset heat from the ventilation system.

*Keywords:* energy efficiency of buildings, passive solar systems, low-energy buildings, energy efficiency, smart buildings.

Благодаря внедренным правилам энергетические потребности зданий в последнее время значительно сократились, в основном за счет хорошо спроектированных ограждающих конструкций и конструкций зданий. В последнее время большое внимание уделяется тепловым качествам зданий, в основном применению толстой теплоизоляции с очень низкой теплопроводностью, а также окнам, характеризующимся низкими коэффициентами теплопотерь. Однако здесь можно отметить, что использование изоляции в теплом климате может уменьшить потери тепла, необходимые летом для ограничения перегрева. Потери тепла необходимы в летние ночи для высвобождения избыточного тепла, полученного в течение дня из-за высокой солнечной радиации, и для поддержания температуры воздуха в помещении на необходимом уровне. Поэтому применение изоляции всегда должно быть адаптировано к данным климатическим условиям. Кроме того, внедрено высокоэффективное и надежное оборудование и энергетические установки, в том числе системы вентиляции с рекуперацией тепла. Такие меры привели к значительному снижению конечного спроса на энергию. Применение систем возобновляемой энергии также снизило потребление первичной энергии, основанной на ископаемом топливе.

Во многих европейских странах, новые правила, связанные с определением энергоэффективности жилых зданий, учитывают только потребность в тепловой энергии для отопления помещений и горячего водоснабжения. Потребность в энергии охлаждения и потребление электроэнергии осветительными установками и системами, а также электроприборами не ограничивается ника-

кими официальными нормами. Поскольку потребление электроэнергии в жилых домах было относительно небольшим, считалось, что нет смысла устанавливать ограничения на потребление электроэнергии в домах. В настоящее время оказывается, что подача энергии охлаждения в жилые дома иногда необходима для поддержания теплового комфорта [1].

Существующие нормативы по энергоэффективности зданий определяют показатели максимального потребления первичной энергии с учетом только технических вопросов. Они делают упор на энергоэффективность, что приводит к сокращению конечного потребления энергии и поддерживает возобновляемые источники энергии, которые используют намного меньше первичной энергии. К сожалению, они не показывают, насколько решающее значение для энергопотребления имеет архитектурное решение здания. Большое значение имеют его форма, структура, расположение, размеры различных элементов ограждающих конструкций и их ориентация на определенные направления света и окружения. Когда здание проектируется и строится без реального видения поддержания низкого энергопотребления в течение всего года, то снизить конечное и первичное энергопотребление до установленных пределов, опираясь только на энергоэффективность применяемых приборов и установок, не получится. Поэтому такое здание не будет умным энергосберегающим зданием. Чтобы получить реальное снижение энергопотребления любого здания, необходимо иметь глобальный междисциплинарный подход и целостно рассматривать процесс проектирования, строительства и эксплуатации здания [2].

Здания с низким энергопотреблением обычно не приравниваются к умным зданиям. Однако кажется, что если здание имеет низкое энергопотребление, оно должно быть умным. Тем не менее, «разумность» здания может быть определена многими параметрами, отличными от тех, которые обычно применяются к зданиям с низким энергопотреблением. Если мы хотим рассматривать современное здание с низким энергопотреблением как умное здание,

мы должны определить, что означают понятия «с низким энергопотреблением» и «умное» и может ли здание быть и тем, и другим. Здание с низким энергопотреблением можно определить как здание, которое требует и потребляет небольшое количество энергии в течение своего срока службы. Это здание, требующее небольшого количества энергии для обогрева или охлаждения помещений, благодаря его архитектурному и гражданскому проектированию и конструкции. Низкие потребности в энергии являются результатом особой концепции оболочки здания, используемых материалов, специфического расположения различных перегородок, таких как непрозрачные стены и прозрачное остекление в структуре здания, а также специфическое расположение помещений различного назначения внутри здания. Он также нуждается в правильном использовании солнечного излучения для получения энергии зимой и защиты от чрезмерного солнечного излучения летом. Конечно, нельзя забывать об эстетических достоинствах ограждающих конструкций. Здание с низким энергопотреблением также потребляет небольшое количество энергии из-за использования энергоэффективных устройств и систем, применяемых для удовлетворения всех его энергетических потребностей: отопление помещений и воды, охлаждение, вентиляция, кондиционирование воздуха, освещение, электричество для электроприборов и т. д. Кроме того, возобновляемые источники энергии используются для снижения потребления первичной энергии из ископаемого топлива.

Когда мы ищем в Интернете определение «умного здания», наиболее распространенным является следующее: «умное здание» – это любая структура, которая использует автоматизированные процессы для автоматического управления работой здания, включая отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха, освещение, безопасность и другие системы [3]. Эта идея, безусловно, связана с аспектом энергоэффективности зданий с низким энергопотреблением, но, по-видимому, она гораздо более тесно связана с введенными мерами по повышению энергоэффективности (в основном

для офисных зданий), известными как системы управления зданием (СУЗ). СУЗ также известны как системы автоматизации зданий (САЗ). Такая система представляет собой компьютерную систему управления, используемую в зданиях для контроля и управления энергетическими системами здания и другими системами, такими как пожарная безопасность. В умных зданиях используются датчики, системы мониторинга и сбора данных, которые предоставляют информацию, необходимую для эффективной работы различных систем здания, в том числе энергетических систем [4]. Умные здания используют информационные технологии (ИТ) и интернет вещей (ИВ). Такая технология обычно используется для офисных зданий, больниц, учреждений здравоохранения и образования, спортивных центров и иногда для общественных зданий, но очень редко для жилых домов. Стандартов для умных зданий не существует. Низкоэнергетическая архитектура не является одним из определяющих факторов «разумности» таких зданий. Поэтому можно сказать, что во многих умных зданиях, таких как офисные здания, обычно упускается важный элемент энергоэффективности, необходимый для снижения потребностей в энергии. Однако без энергосберегающей или энергоэффективной архитектуры здания действительно сложно назвать любое здание умным.

Еще один аспект, подробно не проанализированный в статье, очень важен, а именно продуманность построения пользователей. Потребление энергии в зданиях зависит от поведения пользователей. Можно сказать, что жители жилых домов в основном хотят экономить энергию, потому что это связано с затратами пользователей и напрямую влияют на них. Проблема с поведением этих «бездумных» пользователей зданий особенно очевидна в офисных зданиях [5]. Поэтому следует констатировать, что умному зданию нужны и умные пользователи.

Принимая во внимание, какие функции должны быть общими как для зданий с низким энергопотреблением, так и для умных зданий, можно увидеть, что энергоэффективность имеет важное

значение. Однако представляется, что определение умного здания должно быть намного шире, особенно в случае с жилыми домами.

Как было представлено в этой статье, низкоэнергетическое солнечное здание является разумным благодаря своей архитектуре, конструкции, применяемым энергоэффективным устройствам и системам, а также благодаря хорошо управляемой работе всех компонентов, основанной на использовании возобновляемых источников энергии. Таким образом, можно сделать вывод, что здание должно иметь встроенную (воплощенную) разумность снижения спроса и потребления энергии, достигаемую естественным, пассивным путем, а также за счет использования энергоэффективных устройств и установок, планирования соответствующих операционных приоритетов и использование эффективных низкоуглеродных источников энергии, предпочтительно возобновляемых.

### **Литература**

1. Чвидук, Д. Влияние солнечной энергии на энергетический баланс чердачных помещений в странах высоких широт / Д. Чвидук // Прикладная механика. 2018. № 36. С. 548–559.
2. Друри, Б., Кроули, Д. Б. Сравнение возможностей программ моделирования энергоэффективности зданий / Б. Друри, Д.Б. Кроули // Строительство и Окружающая среда. 2008. № 43. С. 661–673.
3. Кивима П., Мартискайнен, М. Инновации, здания с низким энергопотреблением и посредники в Европе: систематический обзор исследования / П. Кивима, М. Мартискайнен // Энергоэффективность. 2018. № 11. С. 31–51.
4. Wang S., Xie J. Integrating Building Management System and facilities Management on the Internet. Automation in Construction. 2002. V. 11. 707–715.
5. Masoso O. T., Grobler L. J. The dark side of occupants' behavior on building energy use. Energy and Buildings. 2010. V. 42. 173–177.

**УДК 621.311.1**

*Михаил Александрович Грачев,*

студент

*Николай Олегович Войтов,*

студент

*Виктор Вадимович Пимкин,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: grachevmchl@gmail.com,*

*Nikolay.voitov@mail.ru,*

*pimkin-viktor@mail.ru*

*Mikhail Alexandrovich Grachev,*

student

*Nikolay Olegovich Voytov,*

student

*Victor Vadimovich Pimkin,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: grachevmchl@gmail.com,*

*Nikolay.voitov@mail.ru,*

*pimkin-viktor@mail.ru*

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ**

**FEATURES OF USING BIM IN THE DESIGN  
OF ELECTRICAL SYSTEMS**

В данной статье рассматриваются возможности применения интеллектуальных систем при проектировании систем электроснабжения. Изучен функционал и особенности работы в программе Revit. Данная программа позволяет разрабатывать проект с использованием BIM технологий. Внедрение BIM позволит оптимизировать работу специалистов всех направлений, улучшить качество выполняемых проектов и снизить их стоимость. Проектирование с использованием информационных моделей является приоритетным направлением развития строительной отрасли. Рассмотрены возможности программы в условиях проектирования системы электроснабжения. Выделены основные достоинства и недостатки. Предложены способы устранения недоработок и расширения функционала.

*Ключевые слова:* проектирование, BIM, электроснабжение, САПР.

This article discusses the possibilities of using intelligent systems in the design of power supply systems. The functionality and features of work in the Revit program are studied. This program allows you to develop a project using BIM technologies. The introduction of BIM will optimize the work of specialists in all areas, improve the quality of projects and reduce their cost. Design using information

models is a priority for the development of the construction industry. The possibilities of the program in the conditions of designing the power supply system are considered. The main advantages and disadvantages are highlighted. Methods for eliminating shortcomings and expanding functionality are proposed.

*Keywords:* design, BIM, power supply, CAD.

## **Введение**

*BIM* (англ. Building Information Model или Modeling) – информационная модель зданий и сооружений, подход к возведению, оснащению, эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и всё, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект [1].

В современном мире все большее значение уделяется внедрению высоких технологий в сферы строительства и проектирования. Многие компании переводят свои проектные отделы на *BIM* проектирование. Происходит переход от проектирования к моделированию.

Это означает отказ от *2D* САПР, программ и переход в те, которые интегрируются в *BIM*. Данный вид проектирования уже очень хорошо распространен в Европе, США и других высокоразвитых странах. Россия набирает обороты в этом направлении и создает условия для скорейшего перехода к высокому уровню технологий проектирования. Уже сейчас стандарт *BIM* моделирования обязателен на объектах госзаказа, финансируемых из бюджета Российской Федерации [2].

### ***BIM* проектирование в программе Revit**

Наиболее популярная программа для *BIM* проектирования в мире – Revit от компании Autodesk [3].

Данная программа позволяет вывести проектирование систем электроснабжения на новый уровень, за счет возможности более детального и глубокого подхода к проектированию. Основное от-

личие и особенность данной программы, что проектирование ведется не только в 2D как в других САПР программах таких как *AutoCad*, но задействуется и следующее измерение (3D).

Благодаря возможности видеть результаты своей работы в 3D (рис. 1) повышается уровень понимания и осознания того, как расположены части системы и как будет происходить взаимодействие человека с ними. Обычные чертежи и схемы не всегда дают полное понимание об устройстве того или иного объекта, что может повлечь ошибки в проекте.

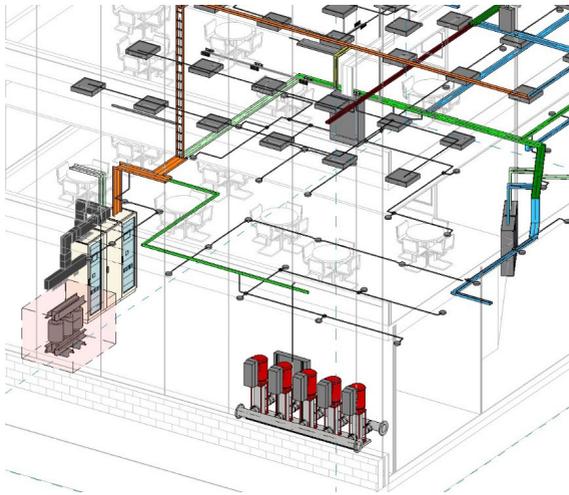


Рис. 1. Изометрия сети электроснабжения, созданная в программе Revit

Возможность видеть объемную модель позволяет с большей точностью выполнять расчет кабеля, кабеленесущих систем и прочих строительных материалов. Инженер-электрик очень редко имеет возможность и желание выехать на объект и самолично произвести обследование и определить возможные трудности в реализации электроснабжения, а объемная модель может заменить данные процедуры и облегчить задачу проектировщику.

С помощью данной программы можно организовывать совместную работу разделов различной специфики начиная от архитектора и заканчивая инженерами слаботочных сетей. Возможно произвести объединение проектов всех разделов в один общий проект, проверить и исправить коллизии между частями различных систем, что повысит точность проекта и позволит сэкономить на исправлении ошибок, ведь очень часто подобные проблемы обнаруживаются на этапе строительства и монтажа.

Программа позволяет произвести силовой и светотехнический расчет, способствует организации выбора защитных аппаратов. Она обеспечивает более точную прокладку трасс от электрооборудования и создания наиболее приближенной системы распределения, также дает возможность проложить кабеленесущие системы с автоматическим подсчетом требуемых деталей.

Все элементы, задействованные в проектировании системы электроснабжения, обладают параметрами, по которым возможно автоматическое слежение за их количеством и отражения изменений в спецификации, что намного удобнее примитивных методов подсчета и позволяет сэкономить время специалиста и снизить вероятность ошибки, что, в свою очередь, позволит точно сформировать смету проекта.

#### **Достоинства и недостатки работы в данной программе**

Основные достоинства проектирования систем электроснабжения в данной программе:

1. Лучшее понимание строения объекта проектирования благодаря объемной модели.
2. Точный подсчет длины кабеля и количества деталей кабеленесущих систем.
3. Возможность контроля прокладки кабелей и кабеленесущих систем, с возможностью корректировки трасс на любой стадии проекта.
4. Улучшение взаимодействия со смежными разделами проекта и возможность устранения коллизий между ними.

5. Возможность сформировать точную спецификацию, не прибегая к помощи других программ.

6. Расчеты многих электрических величин встроены в утилиты программы, что облегчает формирование расчетных таблиц.

7. Изменения, вносимые в какую-либо часть проекта (чертеж, спецификация, семейство электроприбора) автоматически отражаются в остальных его частях.

8. После соединения электрических приборов со щитами рассчитываются электрические параметры линий.

9. Возможность загрузки баз данных с моделями реального оборудования производителей и использования их в проекте.

10. Наличие встроеного блока для светотехнического расчета.

**Недостатки работы в данной программе:**

1. Для работы в программе, корректного построения таблиц, семейств, отображения объектов и т. д. требуется тщательная настройка параметров, которые будут связывать всё воедино.

2. Программа требует высокого уровня знания логики ее работы и будет тяжелой в освоении после работы в других САПР программах.

3. Множество различных нюансов, которые на начальных этапах работы замедляют скорость проектирования.

4. Для устойчивой работы требует большой вычислительной мощности оборудования.

5. На сегодняшний день нет возможности автоматического выбора аппаратов защиты и прочего оборудования.

6. Нет возможности автоматического построения и оформления однолинейных схем.

7. Нет возможности создать точную топологию схем инженерных систем без использования сторонних программ.

8. Так как программа от иностранного производителя, она соответствует зарубежным нормам и стандартам, что приводит к отклонению в расчетах.

9. Сложность внедрения и освоения данной программы.

10. Стоимость.

## Расширение функционала Revit

Минусы довольно существенны, и на сегодняшний день составить проект электроснабжения, используя только данную программу, очень проблематично и, скорее всего, невозможно.

Для решения вышеперечисленных проблем различные электротехнические компании предлагают специальные плагины и надстройки, которые позволяют расширить функционал программы Revit и создать полноценную систему для проектирования систем электроснабжения.

К примеру, компании «Schneider Electric» (рис. 2) и «RChain CS Электрика», предоставляют такие плагины, которые облегчают и уточняют расчет длины кабеленесущих систем и самих кабелей, позволяют создать необходимую топологию сети, подобрать защитные аппараты и создать однолинейные схемы [4, 5].

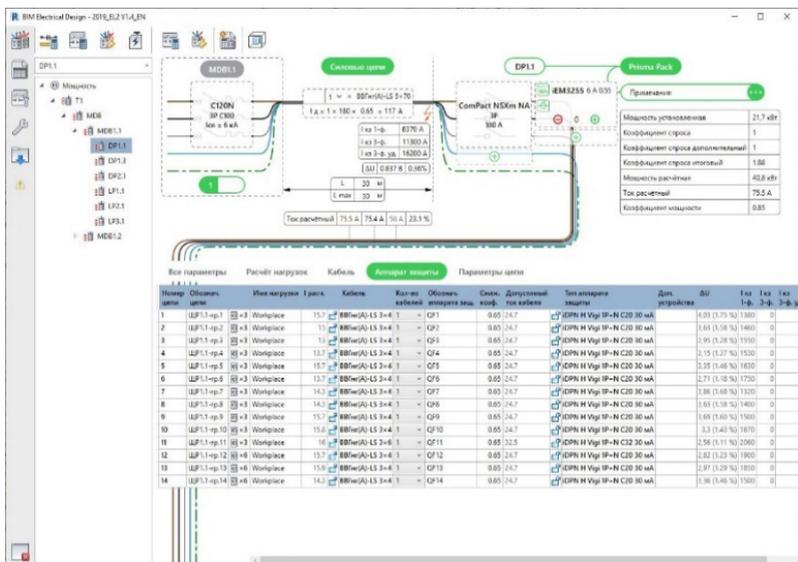


Рис. 2. Пример работы в плагине BIM Electrical Design от Schneider Electric

### **Заключение**

В статье рассмотрены особенности *BIM* проектирования сетей электроснабжения на примере программы *Revit*. Особое внимание уделено плюсам и минусам работы в данной программе. Предложены способы решения описанных проблем. Однако, это не позволяет решить все существующие трудности. Стоит задуматься о том, действительно ли необходимо моделирование в сфере гражданского проектирования электротехнических систем. Зачастую вся система электроснабжения включает в себя лишь источник электроэнергии, кабеленесущую систему и потребителя электроэнергии.

Расчеты нагрузок возможно производить в *BIM* программах, но для этого необходимо смоделировать все кабельные цепи, что довольно трудоемко и может занять большое количество времени. Стоит помнить, что исполнитель, который прокладывает кабельные линии, скорее всего будет делать это по двухмерным чертежам, не используя 3D модель.

Разработчикам программ для проектирования предстоит преодолеть еще довольно много трудностей, прежде чем получится создать полноценную программу для *BIM* проектирования, которая будет подходить всем разработчикам проектов.

### **Литература**

1. Использование BIM технологий в различных отраслях. URL: <https://www.autodesk.ru/solutions/bim> (дата обращения 15.02.2022).
2. Правительство Российской Федерации постановление от 5 марта 2021 года n 331. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573842519> (дата обращения 15.02.2022).
3. Многопрофильное программное обеспечение на основе технологии BIM для согласованного совместного проектирования с высоким качеством. URL: <https://www.autodesk.ru/products/revit/overview> (дата обращения 15.02.2022).
4. Новый уровень проектирования с плагином BIM Electrical Design. URL: <https://www.se.com/ru/ru/work/products/local/bim-electrical-design> (дата обращения 15.02.2022).
5. RChain CS Электрика 2018. URL: <https://www.csoft.ru/catalog/soft/rchain/rchain-2018.html> (дата обращения 15.02.2022).

УДК 66.012.37

Михаил Александрович Грачев,

студент

Виктор Вадимович Пимкин,

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: [grachevmchl@gmail.com](mailto:grachevmchl@gmail.com),

[pimkin-viktor@mail.ru](mailto:pimkin-viktor@mail.ru)

Mikhail Alexandrovich Grachev,

student

Victor Vadimovich Pimkin,

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: [grachevmchl@gmail.com](mailto:grachevmchl@gmail.com),

[pimkin-viktor@mail.ru](mailto:pimkin-viktor@mail.ru)

## ВЛИЯНИЕ МАЙНИНГА НА МИРОВОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И НА ЭНЕРГОСИСТЕМУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

### IMPACT OF MINING ON GLOBAL ELECTRICITY CONSUMPTION AND ON THE POWER SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION

В настоящее время с развитием цифровых технологий появляются новые финансовые инструменты, такие как криптовалюты. В данной статье рассмотрено влияние майнинга криптовалют на мировое потребление электроэнергии и на энергосистему Российской Федерации, на основе данных по участию стран в общей мировой добыче криптовалюты. Приведен расчет предполагаемых затрат электрической энергии на майнинг на основе криптовалюты биткоин. Рассмотрены причины популярности майнинга на территории России. Затронута проблема нелегального майнинга. Предложены некоторые варианты, которые могли бы решить существующие проблемы и способствовать интеграции криптовалют в нашу современную жизнь.

*Ключевые слова:* майнинг, криптовалюты, биткоин, энергосистема, электроснабжение.

Nowadays, with the development of digital technologies, new financial instruments, such as cryptocurrencies, are emerging. This article discusses the impact of cryptocurrency mining on global electricity consumption and on the energy system of the Russian Federation, based on data on the participation of countries in the total global production of cryptocurrency. The calculation of the estimated costs of electrical energy for mining, based on the Bitcoin cryptocurrency, is given. The reasons

for the popularity of mining in Russia are considered. The problem of illegal mining is touched upon. Some options are proposed that could solve existing problems and contribute to the integration of cryptocurrencies into our modern life.

*Keywords:* mining, cryptocurrencies, Bitcoin, power system, power supply.

## **Введение**

Криптовалюты – разновидность цифровой валюты, учёт внутренних расчётных единиц которых обеспечивает децентрализованная платёжная система, работающая в полностью автоматическом режиме [1]. Они задумывались как средство, которое позволит отказаться от концепции централизованных финансовых институтов.

Работоспособность инфраструктуры децентрализованных криптовалют обеспечивается с помощью майнинга. Майнинг – деятельность, в результате которой может осуществляться выпуск криптовалюты, а также получение криптовалюты в качестве вознаграждения за валидацию транзакций, которая сопровождается ресурсоемкими вычислениями [2].

На начальном этапе своего развития майнинг был возможен на обычных компьютерах, но с увеличением числа участников блокчейна выросли масштабы сети и ресурсы, требуемые для генерации новых блоков. В настоящий момент, майнинг осуществляется с помощью мощной вычислительной техники (графические процессоры, специализированные интегральные микросхемы (ASIC)). Каждый участник системы получает вознаграждение пропорционально вложенным ресурсам.

Популярность криптовалют вызвала ажиотажный спрос на вычислительную технику [3]. Она используется для создания небольших «домашних» ферм или же огромных майнинговых дата-центров. Современное вычислительное оборудование, позволяет, даже в небольшом количестве, обеспечить прибылью своего владельца. С учетом высоких цен на криптовалюты, деятельность по ее добыче считается довольно рентабельной и снискала популярность по всему миру.

### **Индекс потребления электроэнергии**

Майнинг-оборудование в процессе своей работы потребляет значительное количество электроэнергии. Это является основной частью расходов майнеров.

Для представления общей картины имеет смысл рассматривать крупных потребителей. Самыми большими в этой отрасли будут являться промышленные дата-центры. Первый по размерам дата-центр в России, сдающий в аренду свои мощности, состоит из 75 000 устройств, он расположен неподалеку от Братской ГЭС [4]. Поставщик электроэнергии обеспечивал дата центр энергией в размере 100 МВт в год [5].

Самый крупный майнинг-центр в мире находился в Китае – Bitmain Technologies Ltd. Вся мощность оборудования превосходила 300 МВт [6].

Перейдем к глобальному масштабу и представим примерное электропотребление всех мощностей.

Большая часть оборудования задействована в майнинге криптовалюты Биткоин. Биткоин считается первой криптовалютой и по нему собрано множество статистических данных, которые возможно просмотреть и изучить. Поэтому весь дальнейший анализ проведем на основе данной криптовалюты.

Рассмотрим данные по потреблению электроэнергии требуемой для поддержания работы инфраструктуры. Предположим, что существует порог рентабельности майнинг-оборудования, который можно использовать в качестве отправной точки при определении реального электропотребления. Суть метода заключается в определении граничных условий, при которых майнинг будет оставаться рентабельным. Предполагаемое энергопотребление будет находиться в пределах этих границ.

Нижняя граница определяется теоретическим минимумом общих расходов на электроэнергию, в предположении, что все майнеры используют наиболее эффективное оборудование, доступное на рынке. Верхняя граница, определяется теоретически максимальными расходами на электроэнергию, в предположении, что

все майнеры используют наименее эффективное оборудование, доступное на рынке, с тем условием, что эксплуатация оборудования прибыльна [7].

На рис. 1 представлен график предполагаемого потребления электроэнергии сетью Биткоин.



Рис. 1. Предположительное потребление электроэнергии сетью Биткоин [8]

За 2021 год предполагаемое потребление всей сетью Биткоина составило 103 ТВт · ч. Это сопоставимо с потреблением Нидерландов за тот же период. Учитывая растущую популярность криптовалют, потребление энергии будет только возрастать.

Интересно то, что увеличение мощности сети не оказывает влияния на скорость добычи и скорость обработки транзакций [9, 10]. Сеть является масштабируемой и нивелирует влияние растущей мощности увеличением сложности майнинга [11]. Поддерживать

сеть можно было бы и на маломощных устройствах, но майнеры повышают мощность в погоне за прибылью.

### Майнинг в России

Популярность майнинга в России определяется в первую очередь дешевой и доступностью электроэнергии [12]. В нашей стране одна из самых низких цен на электроэнергию – в среднем около 3–4 руб./кВт · ч [13]. Для сравнения: средняя цена по миру около 10 руб./кВт · ч (0,138 USD/ кВт · ч) [14].

Большая часть территории России лежит в умеренном климатическом поясе, среднегодовая температура воздуха составляет  $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  [15]. Холодный климат позволяет существенно сократить расходы на поддержание требуемого температурного режима оборудования.

На рис. 2 представлена диаграмма, по которой можно оценить вклад России в общий хешрейт сети Биткоин.

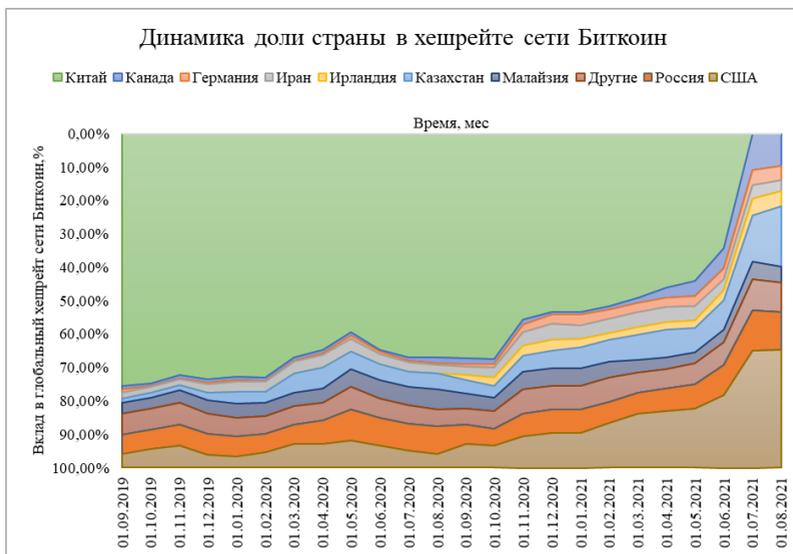


Рис. 2. Динамика доли стран в хешрейте сети Биткоин [8]

Хешрейт, применяется для обозначения единиц измерения мощности оборудования, которое чувствует в процессе добычи криптовалюты.

На основе существующих данных можно рассчитать величину электроэнергии, затрачиваемой на майнинг в нашей стране. Зная, суммарную мировую потребляемую мощность и вклад стран в общий хешрейт сети Биткоин, можно предположить, что величина потребленной электроэнергии майнинг-оборудованием в России составляет 15,19 ТВт · ч за 2020 год. Затраты на майнинг могут составлять около 1,5 % от общей выработки электроэнергии.

Помимо косвенных проблем с экологией существует сложная ситуация с нелегальным майнингом.

По причине того, что отсутствует контроль за майнерской деятельностью, не обращается должного внимания на майнеров небольшого масштаба. Электросистема обычных домашних хозяйств не рассчитана на ту мощность, которую могут потреблять майнинг-фермы. Нормативы потребления зачастую превышаются. Все это может привести к возникновению опасных ситуаций – перегрузкам, пожарам и т. п. Также нередки случаи воровства электричества. «Предприимчивые» майнеры нелегально ведут свою деятельность, подключаясь к кабельным линиям и прочим узлам энергосети [16].

«Черный» майнинг действительно может стать большой проблемой в будущем, если сейчас не уделить должного внимания регулированию данной отрасли и повышению надежности энергосистемы. Нужно создать благоприятные условия, на которых майнерам будет выгодно сотрудничать с государством. Требуется проработать механизмы взаимодействия, учета, налогообложения

Также стоит позаботиться о выгодных условиях для создания майнинг-ферм в тех регионах, где загрузка узлов генерации электроэнергии невелика. Излишки энергии можно поставлять майнерам, получая дополнительную прибыль в бюджет.

## Вывод

Майнинг – довольно новое явление и государственная власть не успевает закрепить нормы и правила ведения данной деятельности, майнинг недостаточно зарегулирован. На сегодняшний день, Правительство РФ еще прорабатывает вопросы, связанные с криптовалютами на законодательном уровне. Еще неизвестна окончательная позиция государства. Не исключён вариант полного запрета майнинга и криптовалют на территории России.

## Литература

1. Хазиахметова, Е. Ш. Криптовалюта – деньги XXI века / Е. Ш. Хазиахметова // Новая наука: от идеи к результату. 2016. № 11–2. С. 177–179.
2. Криптовалюты: тренды, риски, меры. URL: [https://www.cbr.ru/Content/Document/File/132241/Consultation\\_Paper\\_20012022.pdf](https://www.cbr.ru/Content/Document/File/132241/Consultation_Paper_20012022.pdf) (дата обращения 01.02.2022).
3. Все видеокарты пошли на майнинг. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/01/17/854369-vse-videokarti> (дата обращения 05.02.2022).
4. Крупнейший оператор дата-центров в СНГ по размещению оборудования для энергоёмких и блокчейн вычислений. URL: <https://bitriver.farm/ru/why> (дата обращения 07.02.2022).
5. Bloomberg показал крупнейшую майнинг ферму в России. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5ddc246a9a7947e318a7c599> (дата обращения 07.02.2022).
6. Топ 5 крупнейших майнинг ферм в мире. URL: <https://moneymakerfactory.ru/spravochnik/5-krupneyshih-mayning-ferm-v-mire/> (дата обращения 07.02.2022).
7. Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index. URL: <https://ccaf.io/cbeci/index/methodology> (дата обращения 07.02.2022).
8. Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index. URL: <https://ccaf.io/cbeci/index> (дата обращения 07.02.2022).
9. Скорость транзакции в секунду. URL: <https://www.blockchain.com/charts/transactions-per-second> (дата обращения 07.02.2022).
10. Срединное время подтверждения. URL: <https://www.blockchain.com/charts/median-confirmation-time> (дата обращения 07.02.2022).
11. Сложность сети. URL: <https://www.blockchain.com/charts/difficulty> (дата обращения 07.02.2022).
12. Россия входит в первую десятку стран по доступности электричества. URL: <https://riarating.ru/countries/20210622/630202873.html> (дата обращения 10.02.2022).

13. Эксперты оценили стоимость электроэнергии в России. URL <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6071723d9a794765f9002147> (дата обращения 10.02.2022).

14. Цены на электроэнергию. URL: [https://ru.globalpetrolprices.com/electricity\\_prices/](https://ru.globalpetrolprices.com/electricity_prices/) (дата обращения 10.02.2022).

15. Кобышева, Н. В. Климат России: монография / Н. В. Кобышева и др. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 654 с.

16. «Черный» майнинг может привести к авариям и росту затрат для энергопотребителей. URL: <https://tass.ru/ekonomika/12173179> (дата обращения 15.02.2022).

**УДК 628.94**

*Сергей Игоревич Гуцу,*

студент

*Алексей Леонидович Румянцев,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: sergegytsu@mail.ru,*

*lexabadaz25@yandex.ru*

*Sergey Igorevich Gutsu,*

student

*Aleksey Leonidovich Rumyantsev,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: sergegytsu@mail.ru,*

*lexabadaz25@yandex.ru*

## ШИНА DALI

### DALI BUS

В данной статье обобщена и структурирована информация о шине связи элементов систем управления DALI. Обозначен ряд четких ограничений при использовании данной системы, но также указаны пути преодоления данных проблем. Приведена информация как о физических параметрах: допустимые сечения проводников шины, ее максимальная длина, управляющее напряжение, возможность прокладки совместно с другими инженерными сетями; так и о цифровых аспектах: адреса устройств, команды и их типы, код сигнала. Описаны различные топологии, используемые для связи элементов, а также объяснен способ взаимосвязи нескольких шин для охвата единой сетью большего количества помещений вплоть до целого здания.

*Ключевые слова:* DALI, шина, кабельная линия, управление освещением, автоматизация освещения.

In this article, we summarized and structured information about the DALI communication bus. A number of clear limitations are identified when using this system, but ways to overcome these issues are also indicated. Information is given as physical parameters: allowable cross-sections of bus conductors, its maximum length, control voltage, the possibility of laying together with other engineering networks; and about digital aspects: device addresses, commands and their types, signal code. The various topologies used to connect elements are described, and the way in which several buses are interconnected to cover a single network of a larger area up to the whole building is explained.

*Keywords:* DALI, bus, cable line, lighting control, lighting automation.

Протокол DALI – цифровой интерфейс освещения с возможностью адресации (Digital Addressable Lighting Interface). Одной

из главных особенностей данной системы является шина. О ней и поговорим в этой статье.

Шина DALI является связующим звеном системы. К ней подключаются все элементы системы. На физическом уровне шина DALI представляет собой двухпроводную линию. Исходя из того, что шина DALI не относится к системе безопасного сверхнизкого напряжения (сокращенно SELF), допускается прокладка шины вместе с питающим кабелем как отдельно рядом, так и в составе одного кабеля. Это может быть, например, пятижильная кабельная линия, в которой есть фаза, нейтраль, заземление и двухпроводная шина DALI.

Максимальная длина шины составляет 300 метров при условии, что используется кабель сечением  $1,5 \text{ мм}^2$ , при использовании кабельной линии сечением  $1,0 \text{ мм}^2$  допустимая длина находится в пределах от 100 до 150 метров, при сечении  $0,5 \text{ мм}^2$  длина – до 100 метров. Данное ограничение связано с тем, что максимальное допустимое падение напряжения в линии составляет не более 2 вольт. Стоит отметить, что не запрещено использовать сечение более  $1,5 \text{ мм}^2$ .

Существует еще одно ограничение: к шине DALI может быть подключено одновременно только 64 DALI устройства. Каждому устройству в системе назначается свой собственный адрес и также можно назначить группу. DALI устройствами на шине можно управлять различными командами. Команды управления состоят из адреса устройства и кода действия. Они подразделяются по типу на индивидуальные, групповые, широковещательные, команды сцены и команды запроса состояния. Индивидуальные – команда конкретному устройству. Групповые – команда дается всем устройствам, причисленным к одной группе, например, по помещениям. Данный тип команд значительно ускоряет работу системы, поскольку вместо нескольких последовательных одинаковых команд разным устройствам подается единая команда всем устройствам в группе. Широковещательные – команда всем устройствам, находящимся на одной шине.

Команда световых сцен. Сцена – это определенный ряд настроек параметров для конкретной ситуации. Имеется ограничение в 16 световых сцен на одну шину DALI [1], а также требуется, чтобы сцена находилась в памяти самих устройств.

Команда запроса состояния. Одним из преимуществ DALI является двусторонняя связь, которая обеспечивает не только управление устройствами, но и мониторинг их состояния при помощи данных типов команд.

Каждая шина DALI требует отдельный источник питания. Источником питания DALI в настоящее время является устройство, обеспечивающее максимальный ток потребления шины 250 мА [2]. Рабочее напряжение шины лежит в диапазоне 9,5–22,5 вольт.

Передача сигналов по шине осуществляется при помощи импульсно-кодовой модуляции: каждый бит данных кодируется перепадом напряжения от низкого сигнала к высокому или наоборот. Логическим «0» является диапазон напряжений от –6,5 до 6,5 вольт, а логической «1» является диапазон напряжений от 9,5 до 22,5 вольт [3].

Каждый сигнал управления (рис. 1) состоит из 16 бит и одного стартового бита, 8 из которых адрес светильника или их группы, а остальные 8 – команда. В некоторых случаях, если контроллер запрашивает текущее состояние светильника (включен, выключен или текущий уровень яркости при диммировании), DALI-контроллер светильника посылает в ответ 8-битный сигнал (+ стартовый бит).

Топология. Интерфейс DALI не требует установки окончательных терминаторов и поддерживает любую древовидную топологию шины, кроме колец и замкнутых петель. Всего на одной шине может быть подключено до 64 устройств. Присоединение к шине осуществляется в любом ее месте. Для преодоления ограничения по количеству устройств используют несколько шин DALI, объединенных в единую сеть. Для наглядного примера все топологии представлены на рис. 2.

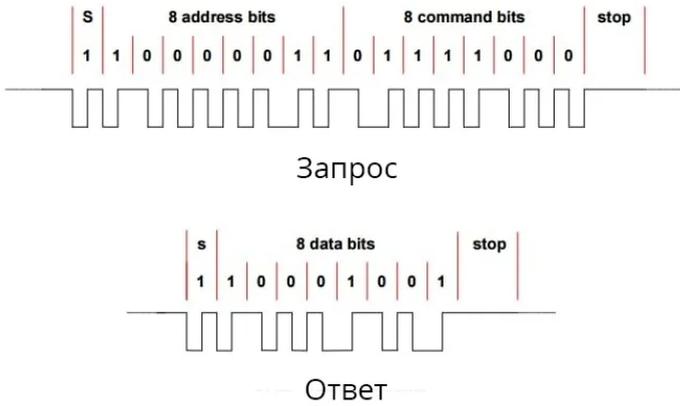


Рис. 1. Схема сигнала управления [4]

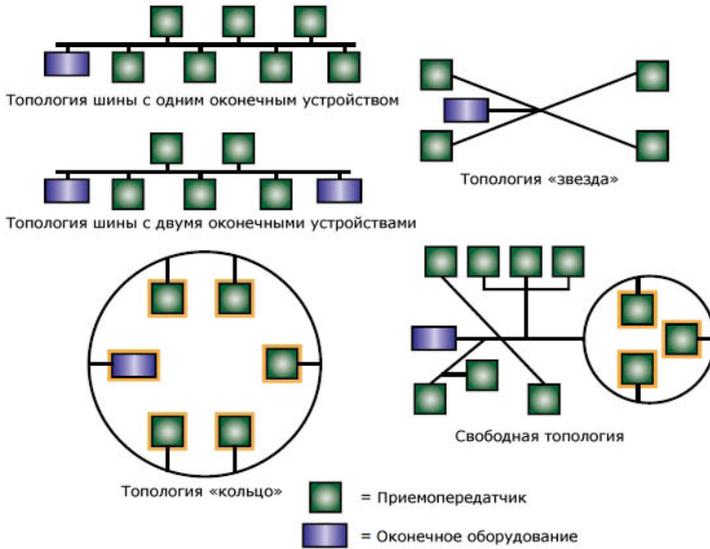


Рис. 2. Типы топологий [5]

В зависимости от конструкции системы управления можно связать неограниченное количество сетей DALI вместе, что позволяет легко управлять освещением всего здания.

Чтобы создать масштабную систему, увеличить количество подключенных к системе источников света и централизовать управление освещением крупного объекта нужно заставить эти линии работать согласованно под единым управлением. Для связи нескольких линий системы используют специальные устройства – DALI-маршрутизаторы (роутеры) [4]. Они выполняют согласование их работы и распределения управляющих сигналов. Для объединения в одну цепь нескольких роутеров применяют DALI-шлюзы.

TCP/IP или Ethernet является лучшим выбором для соединения нескольких сетей DALI вместе, так как он быстр, эффективен и может использовать общую локальную сеть здания. Также Ethernet может обеспечить почти все функции управления для других систем (умный дом).

В конце хотелось бы отметить, что данное ПО является открытым. Благодаря этому на рынке существует большое количество производителей, предлагающих устройства совместимые с технологией DALI.

## **Литература**

1. Система управления освещением DALI. // Автоподбор. URL: <https://fasad-adelante.ru/shina-dali-shema-podklyucheniya/> (дата обращения: 16.02.2022).
2. Все о DALI. // Компания Dali light. URL: [http://dali-light.ru/index/about\\_dali/0-99](http://dali-light.ru/index/about_dali/0-99) (дата обращения: 16.02.2022).
3. FAQ DALI. // Компания AVADA. URL: <https://awada.ru/faq/> (дата обращения: 16.02.2022).
4. Система управления освещением DALI на примере продукции ИЕК GROUP. // ЭТМ для профессионалов. URL: [https://zen.yandex.ru/media/etm\\_company/sistema-upravleniia-osvesceniem-dali-na-primere-produkcii-iek-group-5d6f5facf73d9d00ae896faf](https://zen.yandex.ru/media/etm_company/sistema-upravleniia-osvesceniem-dali-na-primere-produkcii-iek-group-5d6f5facf73d9d00ae896faf) (дата обращения: 16.02.2022).
5. Echelon: FT5000 – приемопередатчик со встроенными средствами интеллектуального управления сетью. // Форум eFind.ru URL: <https://forumimages.efind.ru/09f091c545acb86f192367371d3ce9db.jpeg> (дата обращения: 16.02.2022).

**УДК 537.874**

*Олег Геннадьевич Дылев,*  
аспирант  
*Анатолий Николаевич Горский,*  
д-р техн. наук, профессор  
(Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I)  
*E-mail: oleg\_dylev@mail.ru,*  
*gorskyan38@mail.ru*

*Oleg Gennadievich Dylev,*  
postgraduate student  
*Anatolij Nikolaevich Gorskiy,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
(Emperor Alexander I  
St. Petersburg  
State Transport University)  
*E-mail: oleg\_dylev@mail.ru,*  
*gorskyan38@mail.ru*

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ОБОРУДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ  
ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

**MODERN APPROACHES TO THE STUDY  
OF ELECTROMAGNETIC SAFETY  
OF EQUIPMENT AT INDUSTRIAL  
AND CIVIL CONSTRUCTION OBJECTS**

Глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды является одной из приоритетных проблем человечества. Увеличение потребления электрической энергии влечет за собой не только загрязнение окружающей среды отходами, но и изменение нормального электромагнитного поля Земли. Все живые организмы на планете в ходе эволюции смогли приспособиться к определенным уровням электромагнитного поля, резкое изменение которого способно негативно влиять на адаптационно-компенсаторные возможности. В статье рассмотрены проблемы электромагнитной безопасности, описаны основные подходы для изучения феноменов электромагнитных полей, как природного, так и техногенного характера.

*Ключевые слова:* электромагнитное загрязнение окружающей среды, электромагнитная безопасность, источники электромагнитного поля, электромагнитное излучение, экранирование.

Global electromagnetic pollution of the environment is one of the priority problems of humanity. An increase in the consumption of electrical energy entails not

only pollution of the environment with waste, but also a change in the normal electromagnetic field of the Earth. All living organisms on the planet in the course of evolution were able to adapt to certain levels of the electromagnetic field, a sharp change in which can negatively affect the adaptive-compensatory capabilities. The article deals with the problems of electromagnetic safety, describes the main approaches to studying the phenomena of electromagnetic fields, both natural and manufactured.

*Keywords:* electromagnetic pollution of the environment, electromagnetic safety, electromagnetic field sources, electromagnetic radiation, shielding.

Интенсивное развитие информационных технологий, научные открытия в области теле- и радиоволн, массовое строительство производственных предприятий и жилых комплексов привели к увеличению потребляемой человечеством электрической и электромагнитной энергии. Согласно статистике от электронного издания «Our World in Data», представленной в виде диаграммы на рис. 1, только за период с 2000 по 2019 год мировое производство электрической энергии за год выросло более чем на 40 % [1]. В результате, помимо загрязнения воздуха токсичными и радиоактивными отходами, возник новый опасный вид загрязнения окружающей среды – электромагнитный.

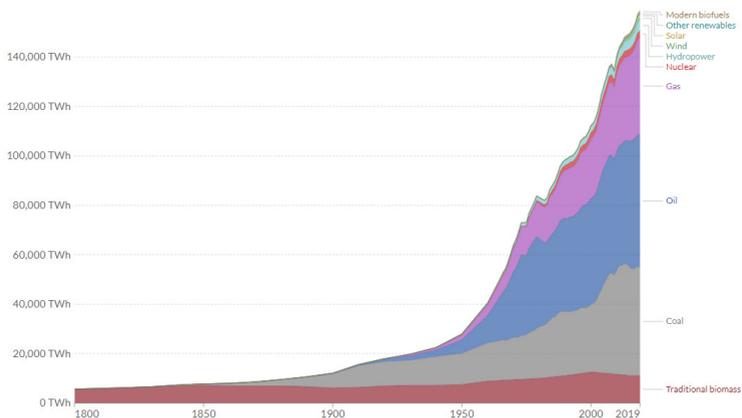


Рис. 1. Производство электрической энергии странами мира за год

Официально, впервые использование термина «глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды» было введено Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 1995 году. Данная проблема, наряду с глобальным потеплением, озоновыми дырами в атмосфере и дефицитом сырья, была включена в список приоритетных для человечества. Все живые организмы, в числе которых и человек, в ходе эволюции смогли приспособиться к электромагнитному полю Земли, однако при резком увеличении значений его уровня, адаптационно-компенсаторные возможности человека начинают снижаться, вызывая истощение на системном уровне.

С открытием новых видов электромагнитных полей, например, сотовой связи, а также с освоением новых низко- и высокочастотных диапазонов телевидения, дистанционного наблюдения и контроля за оборудованием и человеком, произошли существенные изменения в самой структуре электромагнитных излучений, источники которого можно разделить на фоновые (естественные) и техногенные.

К естественным источникам электромагнитного излучения относятся, например, меняющиеся в зависимости от времени магнитные поля, вызванные влиянием Солнца и Луны на ионосферные токи, наибольшие из которых возникают во время магнитных бурь, пиковой солнечной активности и гроз. В основном, индукция электромагнитных полей Земли находится в диапазоне  $(5 \div 10) \cdot 10^{-8}$  Тл [2].

Определенное воздействие на магнитное поле оказывают электромагнитные излучения космического происхождения, в частности, пертурбации на Солнце, которые оцениваются индукцией  $\approx 10^{-14}$  Тл [3]. Такие изменения становятся причиной электромагнитных бурь, которые оказывают свое воздействие не только на людей с метеозависимостью и повышенным давлением, но и на оборудование.

По полученным данным с современных спутников, которые способны обнаружить активность молний, частота ударов

составляет примерно  $44 \pm 5$  раз в секунду, или приблизительно 1,4 миллиарда раз в год. Около 25 % из этих молний достигнут земли [4]. Значение тока на поверхности способно достигать  $2 \cdot 10^5$  А, при воздействии на поверхность земли образуются слабые переменные магнитные поля с значительно широким диапазоном (феномен Шульмана).

Меньше всего изучено влияние магнитных полей электрического тока, протекающего на поверхности земной коры. Такие токи называют теллурическими, блуждающими или земными. Их возникновение ученые связывают с вариацией магнитного поля Земли, электрохимическими и электротермическими процессами в земной коре. Интенсивность теллурических токов колеблется в зависимости от времени года и суток, а также широтного расположения. Это поля обладают инфранизкой частотой (примерно от  $10^{-5}$  до 10 Гц), поэтому они способны проникать вглубь земли на десятки и сотни километров, что усложняет их изучение [5]. Наиболее активно теллурические токи проявляют себя в северных широтах, в летний сезон.

Техногенные, то есть «неприродные», источники электромагнитного излучения можно классифицировать на две основные группы.

К первой группе источников электромагнитных полей относятся технологическое оборудование и системы, которые предназначены специально и преднамеренно распространять, излучать электромагнитные волны. К ним относятся, в первую очередь, радиовышки сотовой и мобильной связи, оборудование телевидения и радиовещания, а также метеорологические установки. Все эти устройства построены на технологии передачи информации на большие расстояния, частотный диапазон которых сильно варьируется.

Ко второй группе источников относятся остальное электрооборудование, работа которого сопровождается возникновением электромагнитных полей, но не является их целью. По большей части, это системы и аппараты промышленной частоты, которые

предназначены для производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии: от электрического чайника до электростанций, от кабельных линий до воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Также стоит отметить систему электропитания городского электротранспорта (метрополитен, трамваи, троллейбусы). Принципиально источники промышленной частоты отличаются от источников радиочастот своей локальностью, поскольку влияние трансформаторной подстанции существенно лишь для отдельной области, где она находится.

Стремительное развитие сетевой паутины, конкуренция среди операторов, расширение частотного покрытия технологий передачи информации неизбежно ведут к неконтролируемому нарушению естественного электромагнитного поля Земли.

Распространение высокочастотных магнитных полей зависит не только от инфраструктуры общества, но и от характеризующих параметров: электрической проводимости, магнитной и диэлектрической проницаемости. Существуют различные способы электромагнитной защиты технического оборудования, в зависимости от многих факторов: характер, частотный диапазон электромагнитного поля, амплитудно-фазовые характеристики, гармоники и т. д.

Выделяется два основных способа защитить оборудования от негативного воздействия электромагнитных полей.

Первый способ – экранирование. Достигается применением многослойных пассивных, активных и комбинированных экранов.

Под пассивными экранами понимаются такие устройства, позволяющие снизить влияние электромагнитного поля в защищаемой области на пути распространения. В этом случае экран частично отражает, поглощает или отводит по своей конструкции исходное электромагнитное поле. Наилучшим способом экранирования является применение многослойных экранов с сочетанием материалов с большой электрической проводимостью и магнитной проницаемостью. Экраны в несколько слоев достигают высокого магнитного вакуума, однако стоимость также высока.

Активное экранирование реализуется использованием тока для компенсации помех магнитного поля на поверхности устройства. Достигается это применением петлевой обмотки, построенной так, чтобы в результате наложения компенсирующего магнитного поля на исходное результирующее в области пространства отвечало заданным требованиям.

Комбинированное экранирование обеспечивается использованием активного и пассивного экранирования для большей эффективности.

Второй способ – рациональное размещение. Грамотное планирование местоположения зданий и оборудования позволяет снизить влияние электромагнитных полей [6]. На рис. 2 показаны два примера расположения рабочего места в офисе (1 – без взаимной экранировки, 2 – с взаимной экранировкой). Вариант № 1 без взаимной экранировки имеет существенный недостаток, поскольку работники подвергаются электромагнитному излучению не только с лобовой, но и тыльной части. Данная планировка может быть рекомендована только в случае, если расстояние между соседними рабочими местами будут увеличены не только справа и слева, но и сзади. Наиболее оптимальным является вариант № 2, поскольку влияние электромагнитных излучений сведено к минимуму.

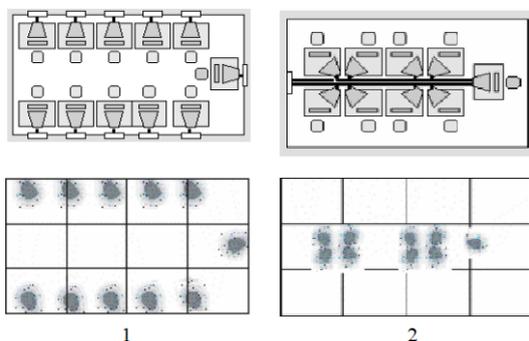


Рис. 2. Расположение рабочего места

Основная проблема изучения негативного влияния электромагнитного поля на человека и оборудования заключается в его неоднородности. Электромагнитное загрязнение окружающей среды, наряду с другими, представляет существенную опасность для человечества и окружающей среды. Для снижения его уровня многими странами мира применяется нормативное и законодательное регулирование работы источников излучения.

### Литература

1. <https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy> Дата обращения: 25.03.2022/
2. Аполлонский С. М., Каляда Т. В., Синдаловский Б. Е. Безопасность человека в электромагнитных полях. Учебное пос. СПб.: Политехника, 2006. 264 с.
3. Аполлонский С. М., Горский А. Н. Проблемы электромагнитной безопасности в урбанизированном пространстве. Электричество. 2020. № 7. С. 65–73.
4. John E. Oliver. Encyclopedia of World Climatology. National Oceanic and Atmospheric Administration, 2005 <https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8/>
5. Горбачев Ю. И., Калинин А. В., Попов М. Г., Селиверстов Н. И., Хмельвской В. К., Шевнин В. А. Геофизические методы исследований. Учебное пособие для геофизических специальностей вузов. КГПУ, Петропавловск-Камчатский, 2004. 227 с.
6. Нефёдов Л. И., Н. Ю. Филь. Размещение источников электромагнитных излучений с учетом безопасности жизнедеятельности. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2006. № 32. С. 96–99.

**УДК 621.311.001.57**

*Евгений Леонидович Желяев,*

студент

*Михаил Викторович Замеров,*

студент

*Владимир Андреевич Коновалов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: zhelyaev90@mail.ru,*

*mika-zamerov@mail.ru,*

*13tvinpixs@gmail.com*

*Evgeny Leonidovich Zhelyaev,*

student

*Mikhail Viktorovich Zamerov,*

student

*Vladimir Andreevich Konovalov,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: zhelyaev90@mail.ru,*

*mika-zamerov@mail.ru,*

*13tvinpixs@gmail.com*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПРИ УЧЕТЕ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **SIMULATION OF THE OPERATION OF A SOLAR POWER PLANT IN CONSIDERATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS**

В статье рассматривается моделирование солнечной электростанции на фотоэлектрических преобразователях (ФЭП, т. е. солнечных батареях) при учете климатических условий окружающей среды. Приведена структурная схема типовой солнечной электростанции. Показана математическая модель ФЭП и на ее основе создана компьютерная модель в MATLAB Simulink. Из открытых источников собраны сведения об интенсивности солнечного излучения и температуре окружающего воздуха на широте и долготе Санкт-Петербурга. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании в данных климатических условиях. По такой же методике можно моделировать работу ФЭП в других климатических условиях.

*Ключевые слова:* фотоэлектрический преобразователь, солнечная батарея, климатические условия.

The article discusses the simulation of the solar power plant on photovoltaic transducers (PVT, solar panels) when taking into account climatic environmental conditions. A structural scheme of a typical solar power plant is shown. The mathematical model of the PVT is shown and a computer model in Matlab Simulink is created on its basis. Information about the intensity of solar radiation and ambient

temperature on the latitude and longitude of St. Petersburg are collected with use of open sources. The results obtained can be used when modeling in these climatic conditions. By the same method, you can simulate the operation of PVT in other climatic conditions.

*Keywords:* photovoltaic transducer, solar panel, climatic conditions.

Одна из основных задач, возникающая при оценке эффективности и рентабельности использования фотоэлектрических электростанций (ФЭС) в определенной местности, состоит в том, чтобы оценить условия окружающей среды. Интенсивность солнечного излучения, облачность, температура окружающего воздуха, положение Солнца, продолжительность светового дня, количество солнечных дней в году и другие условия среды могут влиять на работу солнечных модулей.

В данной статье рассматривается возможность учета климатических условий при моделировании солнечных электростанций на основе фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Структурная схема типовой фотоэлектрической электростанции (ФЭС) показана на рис. 1.

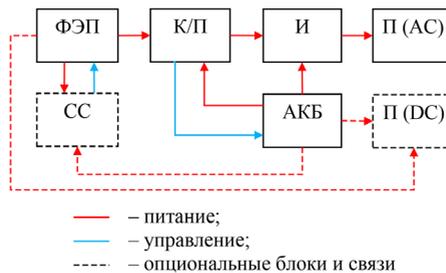


Рис. 1. Структурная схема типовой ФЭС: ФЭП – фотоэлектрический преобразователь (солнечная батарея); К/П – контроллер/DC/DC-преобразователь; И – инвертор; П (AC) – потребитель, работающий на переменном токе; П (DC) – потребитель, работающий на постоянном токе; АКБ – аккумуляторная батарея; СС – система слежения за Солнцем (включая сервопривод(-ы)); AC (alternating current) – переменный ток; DC (direct current) – постоянный ток

Модель фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) записывается в виде [1,2]:

$$P_{PV} = \left( \frac{I_{MPP} V_{MPP}}{I_{SC} V_{OC}} \cdot \frac{T_{ref}}{G_{ref}} \times \frac{[I_{SC} + k_I (T_{FM} - T_{ref})][V_{OC} + k_V (T_{FM} - T_{ref})]}{\ln(10^6 G_{ref})} \times N_{FM} \eta_{conv} G \ln(10^6 G) \right) / T_{FM},$$

где  $N_{FM}$  – число фотоэлектрических модулей (ФМ) в ФЭП;  $\eta_{conv}$  – КПД преобразователя с контроллером максимальной мощности;  $G$  – текущий уровень солнечной радиации, Вт/м<sup>2</sup>;  $T_{FM}$  – текущая температура ФМ;  $T_{ref}$ ,  $G_{ref}$  – значения температуры и освещенности ФМ при стандартных условиях;  $k_I$ ,  $k_V$  – температурные коэффициенты тока короткого замыкания и напряжения холостого хода ФМ соответственно;  $I_{MPP}$ ,  $V_{MPP}$  – паспортные значения тока и напряжения ФМ в точке максимальной мощности при стандартных условиях;  $I_{SC}$ ,  $V_{OC}$  – паспортные значения тока короткого замыкания и напряжения холостого хода ФМ при стандартных условиях.

Модель (1), собранная в виде структурной схемы в MATLAB Simulink, показана на рис. 2.

Данные по интенсивности солнечного излучения  $G$  брались из базы климатических данных NASA [3], а именно, учитывались следующие параметры:

- полная фотосинтетически активная радиация (ФАР) на поверхность в любую погоду (All Sky Surface PAR Total);
- прямое длинноволновое (инфракрасное) излучение на поверхность в любую погоду (All Sky Surface Longwave Downward Irradiance);
- ультрафиолетовое (УФ-А) излучение на поверхность в любую погоду (All Sky Surface UVA Irradiance);

- ультрафиолетовое (УФ-В) излучение на поверхность в любую погоду (All Sky Surface UVB Irradiance).

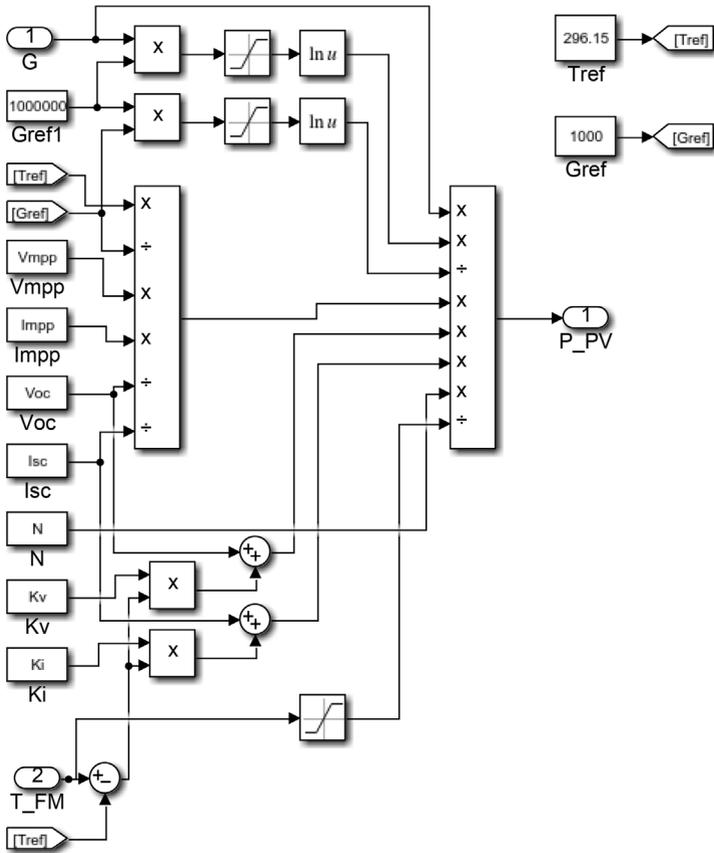


Рис. 2. Компьютерная модель ФЭП в MATLAB Simulink

Если просуммировать эти 4 вида излучений, можно получить суммарное излучение. На рис. 3 построены графики для всех этих видов излучений, а также построена кривая полиномиальной

аппроксимации для суммарного излучения, которую можно использовать, чтобы избавиться от необходимости задавать большие массивы данных.

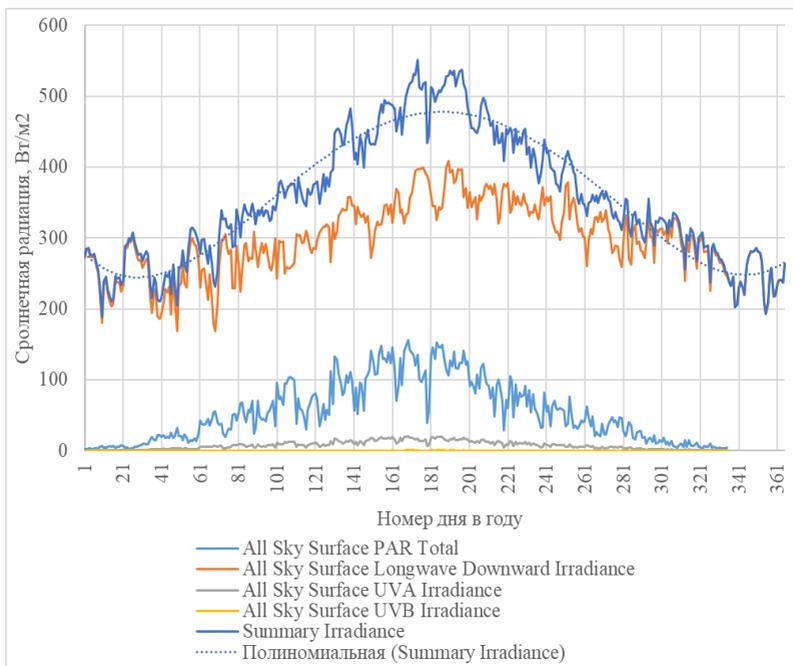


Рис. 3. Годовое изменение солнечной радиации в Санкт-Петербурге на основе данных метеонаблюдений за 2021 год. Географические координаты метеостанции: 59.800; 30.263

Климатические данные для определенного региона можно найти в открытом доступе. Например, данные по изменению годовой температуры были взяты с сервиса [pogoda-service.ru](http://pogoda-service.ru) [4]. На рис. 4 приведен график годового изменения средней температуры воздуха в Санкт-Петербурге на основе данных метеонаблюдений за 1991–2020 годы.

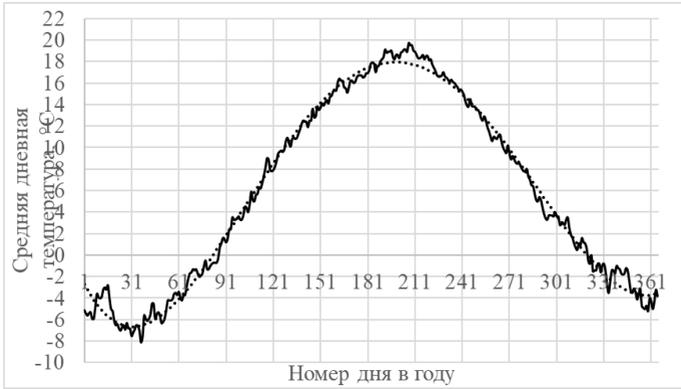


Рис. 4. Годовое изменение средней температуры в Санкт-Петербурге на основе данных метеонаблюдений за 1991–2020 годы.  
Географические координаты метеостанции: 59.800; 30.263

Таким образом собраны данные и построена модель, на примере которой можно промоделировать работу ФЭП на широте и долготе Санкт-Петербурга. По этой же методике можно оценить эффективность использования солнечных электростанций на ФЭП в других климатических условиях.

### Литература

1. Jones A. D., Underwood C. P. A thermal model for photovoltaic systems // Solar Energy. 2001. V. 70 (4). P. 349–359.
2. Обухов, С. Г., Плотников И. А. Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации / С. Г. Обухов, И. А. Плотников // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 6. С. 38–51.
3. POWER | Data Access Viewer. URL: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (дата обращения: 20.03.2022).
4. Погодные сервисы. URL: <http://pogoda-service.ru/> (дата обращения: 20.03.2022).

**УДК 628.955**

*Михаил Викторович Замеров,*  
студент

*Евгений Леонидович Желяев,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: mika-zamerov@mail.ru,*  
*zhelyaev90@mail.ru*

*Mikhail Viktorovich Zamerov,*  
student

*Evgeny Leonidovich Zhelyaev,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: mika-zamerov@mail.ru,*  
*zhelyaev90@mail.ru*

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ LPWAN-ПРИБОРОВ**

### **DEVELOPMENT OF AUTOMATION OF EXTERNAL LIGHTING SYSTEMS BASED ON LPWAN-DEVICES**

В статье изучаются и обосновываются следующие основные задачи исследования в области автоматизации систем наружного освещения: разработка возможности повышения качества энергоэффективной передачи данных с помощью современной сетевой технологии учета электроэнергии; разработка способов управления по сети и мониторинга процесса работы осветительных комплексов. Предлагается реализация сетевых технологий в области наружного электроосвещения, которая решает задачу автоматизации и мониторинга осветительного комплекса. Приведены технические решения для удаленного контроля сети и мониторинга качества электроэнергии. Для этого осуществляется улучшение и модернизация блоков учета электроэнергии, применяемых в осветительных комплексах, устанавливается модуль для подключения к сети (радиоблок технологии LPWAN) и разрабатывается дополнительное программное обеспечение.

*Ключевые слова:* LPWAN-технологии, электронные исследования учета электроосвещения, энергоэффективная передача данных, мониторинг, автоматизация систем управления наружного освещения.

The article studies and substantiates the following main objectives of the study in the field of automation of outdoor lighting systems: development of the possibility of improving the quality of energy efficient data transmission using modern net-

work technology of electricity metering; development of methods of network management and monitoring the work of the lighting complexes. The implementation of network technologies in the field of outdoor electrical displacement, which solves the task of automation and monitoring the lighting complex is proposed. Solutions are given for remote network control and electricity quality monitoring. To do this, an improvement and modernization of electricity metering blocks used in the lighting complexes are made, a module is installed for connecting to the network (LPWAN technology) and additional software is being developed.

*Keywords:* LPWAN-technologies, electronic research of electric lighting accounting, energy-efficient data transmission, monitoring, automation of outdoor lighting control systems.

Современные системы уличного освещения позволяют обеспечивать необходимый уровень нормируемой освещенности, использовать устройства для оперативного мониторинга и управления системой наружного освещения, доступность обслуживания и способов расширения сети электроосветительных установок без многочисленных затрат на реконструкцию. Именно поэтому в наше время применение Интернета вещей в системе уличного освещения является актуальным вопросом.

Появление интернет вещей в электроэнергетике обусловлено использованием энергоэффективных осветительных комплексов и автоматизацией управления электроприемников. Кроме того, устройство LPWAN, из которого состоят интернет вещи, создано для контроля световой среды через интернет модули и улучшения производительности светового устройства.

Автоматизированные системы наружного освещения (АСУНО) решают следующие задачи:

- сбережение электроэнергии (до 75 процентов по сравнению с нерегулируемым электроосвещением);
- повышение комфортности освещения;
- увеличение срока службы источников света [1].

Также АСУНО осуществляет функции мониторинга, диагностики осветительных комплексов, позволяет предупреждать повреждения и неисправности за счет резервных установок LoRa

(на базе LPWAN) – устройство, которое моделирует данные в электромагнитные волны, использует метод Chirp Spread Spectrum (линейно-частотная модуляция), кодирующий данные в импульсы [2].

Принцип работы LPWAN может напоминать сотовую связь. Ключевые устройства, используемые в подобных системах – базовые станции и локальные контроллеры осветительных комплексов, связанные с базовыми станциями для обмена данными. На рис. 1 представлена структурная схема АСУНО «LPWAN» [3].

Локальный контроллер – конечное устройство для управления диммируемым драйвером осветительного прибора [4]. Локальный контроллер является самостоятельным комплексом, в функции которого входит не только исполнение команд от станций с помощью датчика освещенности, блока памяти с графиками расписаний и сценариями работы светильника, но и модули контроля параметров электросети [5]. Помимо локального контроллера в системе управления диммируемым драйвером осветительного прибора используются гироскоп, акселерометр и GPS/ГЛОНАСС. Данные устройства применяются для отслеживания расположения оборудования и выявления нестандартных ситуаций (например, повреждение опоры).

Также важно отметить технические свойства LPWAN:

- низкоскоростная передача данных короткими пакетами (100 бит/с – 1 Мбит/с);
- низкое энергопотребление (до 10 лет работы от батареи);
- высокая проникающая способность радиосигнала; большой радиус действия (до 10 км и более).

С помощью данных технических свойств LPWAN можно применять в качестве автоматизированного беспроводного управления наружным освещением открытых парковок, парков, проезжей части и т. д. С помощью LPWAN диспетчер через единый пульт (программный интерфейс) может эффективно управлять тысячами приборов, а также получать статистику их работы. На рис. 2 представлено дистанционное управление уличным освещением [6].

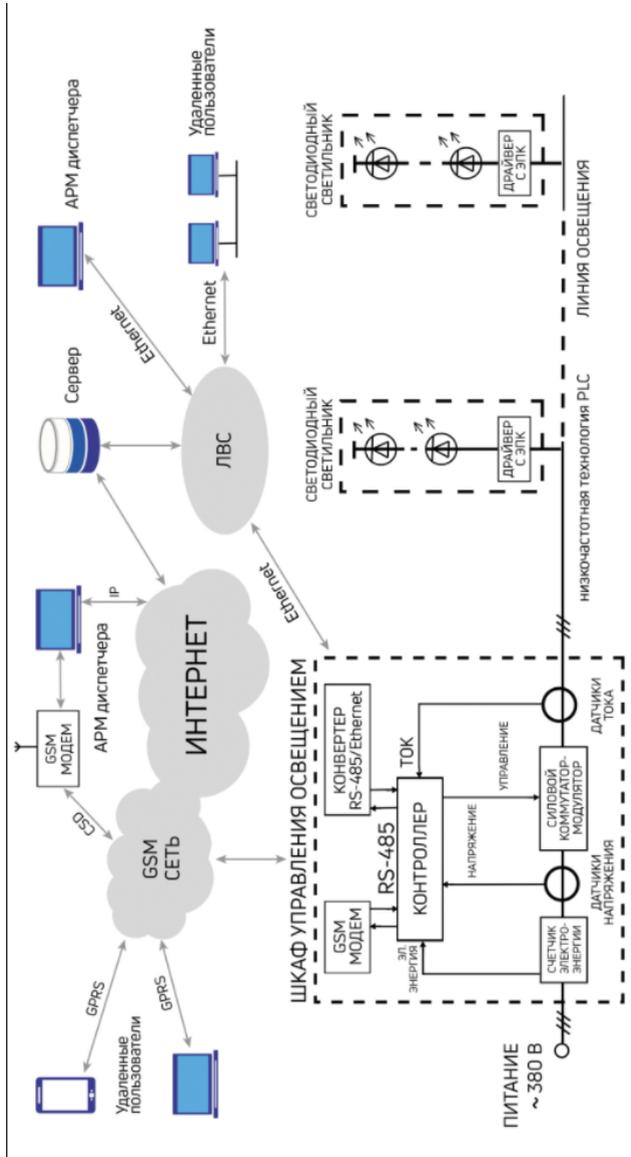


Рис. 1. Структурная схема АСУНО LPWAN

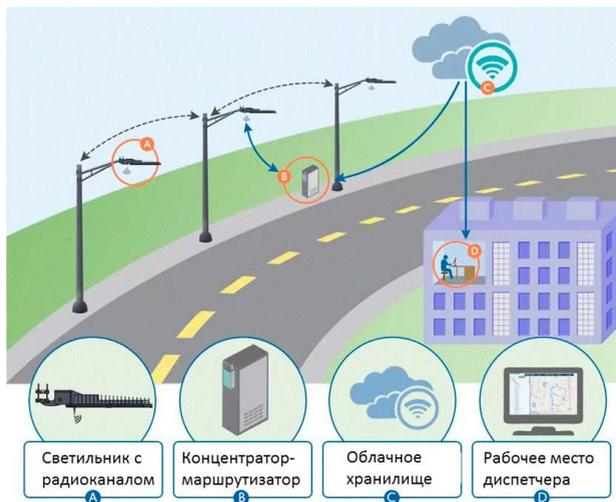


Рис. 2. Дистанционное управление уличным освещением

Таким образом, LPWAN система имеет ряд преимуществ в виде высокой проходящей способности, большими расстояниями передачи радиосигнала, обеспечении стабильной работы автоматизации наружного освещения, улучшая производительность световых устройств.

## Литература

1. Интернет вещей – Википедия. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет\\_вещей](http://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей) (дата обращения 20.03.2022).
2. Ураксеев, М. А., Важаев, К. В. Акустооптические преобразователи: теоретические предпосылки и новые разработки / М. А. Ураксеев, К. В. Важаев // Датчики и системы. 2000. № 1. С. 35–37.
3. Автоматизированная система управления наружным освещением – СЭТО. URL: [http://setolight.ru/main\\_services/lightning-control/](http://setolight.ru/main_services/lightning-control/) (дата обращения 20.03.2022).
4. Шандров, Б. В., Чудаков, А. Д. Технические средства автоматизации. Учебник для студентов высших учебных заведений / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков – М.: Академия, 2007. 368 с.

5. Кунгс, Я. А. Автоматизация управления электрическим освещением / Я. А. Кунгс. М.: Энергоатомиздат, 1989. 112 с.

6. Дистанционное управление уличным освещением – современные способы. URL: <http://elektrik.info/main/automation/1286-sovremennye-sposoby-distancionnogo-upravleniya.html> (дата обращения 20.03.2022).

**УДК 621.311.16**

*Шерзод Эркинович Рахамов,*

студент

*Саиджон Хасанович Гафуров,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: lionsher.95@mail.ru,*

*Jonas\_11\_99@mail.ru*

*Sherzod Erkinovich Rakhmatov,*

student

*Saidjon Hasanovich Gafurov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: lionsher.95@mail.ru,*

*Jonas\_11\_99@mail.ru*

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАРЯДНОЙ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT  
OF THE CHARGING INFRASTRUCTURE  
IN SAINT PETERSBURG**

В статье анализируется текущее состояние инфраструктуры зарядных станций для электромобилей в Санкт-Петербурге. Показаны разновидности зарядных станций и разъемов, а также принцип их работы. Рассматривается алгоритм, позволяющий рассчитывать оптимальное расположение объектов зарядной инфраструктуры в Санкт-Петербурге. В реализации данного проекта могут быть заинтересованы администрация города, а также автопроизводители, поскольку это позволит улучшить экологическую обстановку в городе и получить прибыль от зарядки электромобилей и продажи новых электромобилей дилерскими центрами. Рассмотрены примеры дальнейшего развития рынка зарядных станций.

*Ключевые слова:* зарядные станции для электромобилей, размещение зарядных станций, виды зарядных станций, методы установки зарядных станций.

The article analyzes the current state of the infrastructure of the charging stations for electric vehicles in St. Petersburg. The varieties of charge stations and connectors are shown, as well as the principle of their work. It is considered an algorithm that allows you to calculate the optimal location of the charging infrastructure in St. Petersburg. The administration of the city, as well as automakers may be interested in the implementation of this project, since this will improve the environmental situation in the city and make a profit from charging electric cars and selling new electric vehicles by dealer centers. Examples of further development of the market of charging stations are considered.

*Keywords:* charging stations for electric vehicles, placement of charging stations, types of charging stations, installation methods of charging stations.

Во всём мире наблюдается стремительный рост числа электромобилей, в том числе и в России. Электромобили являются более экологичным и экономичным видом транспорта. Тем не менее их эксплуатация требует правильно спроектированной инфраструктуры, как для обслуживания, так и для зарядки. Зарядные станции в России быстро развиваются. Для этого многие регионы РФ разрабатывают региональные программы.

Согласно постановлению «Об утверждении стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года», правительство Санкт-Петербурга разработало региональную программу по оснащению зарядными станциями для транспортных средств с электродвигателями на 2020–2023 годы [1]. Реализация мероприятий региональной программы позволяет обеспечить достижение её основных целей: развития зарядной инфраструктуры для электромобилей; развития электротранспорта в Санкт-Петербурге. Она также положительно влияет на формирование и развитие экономики Санкт-Петербурга; его инвестиционную привлекательность и экологическую ситуацию, что в итоге приведёт к повышению уровня жизни населения. На сегодняшний день в городе существует 53 зарядных станции для электромобилей в том числе 40 быстрого типа со временем зарядки до часа.

Для количественной оценкой внутригородских общественных зарядных станций важно учитывать ключевые факторы: местоположение; спрос на зарядку; цену на зарядку и тип оборудования. Планирование внутригородских общественных зарядных станций отличается от планирования междугородных общественных зарядных станций. Междугородные общественные зарядные станции обычно строятся в сетях автомагистралей для обслуживания зарядки на маршруте и приоритетом является быстрая зарядка. При планировании внутригородских общественных зарядных

станций необходимо учитывать пространственное и временное распределение спроса на зарядку [2].

Важный вопрос проектирования инфраструктуры зарядки электромобилей заключается в том, какую технологию зарядки использовать, в настоящее время доступны 3 основные технологии зарядки электромобилей (см. рис.):

- уровень 1 (медленные зарядные устройства) для полной зарядки которых требуется 8–13 часов. Главной отличительной чертой таких зарядных устройств является то, что они не требуют какого-либо дополнительного оборудования и могут быть подключены к стандартной розетке 220 В переменного тока с помощью штепсельной вилки. Зарядные станции такого рода обычно используют в жилых домах;

- уровень 2 (зарядные устройства) для полной зарядки которых требует 1–4 часа. Быстрые зарядные устройства можно использовать для жилых и коммерческих зарядных станций. Отличие от уровня 1 состоит в том, что их нельзя подключить к стандартной розетке. При подключении таких зарядных устройств используют штепсельную вилку 220 В (для жилых) или на 380 В (для коммерческих);

- уровень 3 (быстрые зарядные устройства) или CHAdeMO для полной перезарядки которых требуется 30–100 минут. При установке и дальнейшем обслуживании требуется специализированное высокопроизводительное оборудование. Такие зарядные устройства обычно используются на коммерческих и промышленных территориях [3].

Как показывает практика большинство владельцев электромобилей предпочитает зарядку с использованием частных зарядных станций в ночное время. Однако в некоторых крупных городах, таких как Санкт-Петербург, имеются специальные общедоступные зарядные станции. При этом заряжать электромобили на общедоступных зарядных станциях в большинстве случаев бесплатно и имеются специальные парковочные места. Следовательно,

большинство владельцев электромобилей в таких условиях полагаются на общедоступные зарядные станции для подзарядки своих электромобилей.

Уровень 1 (Level 1)	Уровень 2 (Level 2)	Уровень 3 (Level 3)
<b>Время зарядки – 8 часов</b> <b>Напряжение – 220В</b> <b>Ток: 3-16А</b> <b>Мощность – 2 кВт</b> <b>Стоимость – 500\$</b>	<b>Время зарядки: от 4 до 1 час</b> <b>Напряжение – 220/380 В (~)</b> <b>Ток: 6-30А</b> <b>Мощность: 3-22 кВт</b> <b>Стоимость до 5000\$</b>	<b>Время зарядки 30 мин</b> <b>Напряжение 300 -600В (=)</b> <b>Ток до 100А</b> <b>Мощность от 20 - 50 кВт</b> <b>Стоимость до 15000\$</b>
		

Стоимость зарядных устройств на различных типах станций

Классификация видов зарядки электромобилей и подзаряжаемых гибридных автомобилей производится согласно ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013 [4].

Перечень объектов, на которых размещение объектов инфраструктуры зарядных станций для зарядки электромобилей является наиболее целесообразным:

- 1) объекты торговли и общественного питания (ТРК, универсамы, магазины различного назначения, кафе, павильоны для мелкорозничной торговли, пекарни с торговым залом и др.);
- 2) объекты делового и финансового назначения;
- 3) объекты обслуживания;
- 4) стоянки (парковки) транспортных средств, гаражи.

Выбирать тип зарядных станций следует исходя из характеристик объекта, на котором планируется установка. Основным параметром для определения типа зарядных станций является среднее планируемое время нахождения владельца электромобиля на объекте. В зонах жилой застройки, где среднее планируемое время

нахождения 6–12 часов рекомендуется устанавливать зарядные станции вида 3, в зонах общественно деловой застройки, где среднее планируемое время нахождения – 1–8 часов, рекомендуется устанавливать зарядные станции вида 3 или зарядные станции вида 4, на АЗС, где среднее планируемое время нахождения не превышает 30 минут, рекомендуется устанавливать зарядные станции вида 4.

Чтобы способствовать развитию общественной инфраструктуры, следует уделять больше внимания изучению технического развития зарядной инфраструктуры для электромобилей [5]. Доказано, что государственная поддержка играет важную роль, чтобы больше внимания уделялось тому, как государственная политика может быть адаптирована для развития рынка зарядной инфраструктуры. Новые бизнес-модели также необходимы для ускорения будущего развития инфраструктуры общественных зарядных станций. Для дальнейшего развития зарядной инфраструктуры правительство Санкт-Петербурга дает рекомендации по размещению и установке объектов инфраструктуры заправочных электростанций для зарядки электрических транспортных средств. Целями являются систематизация и оптимизация процесса замещения объектов инфраструктуры электрических заправочных станций для зарядки электрических транспортных средств; создание условий для внедрения и эксплуатации экологически чистого транспорта в Санкт-Петербурге.

## **Литература**

1. Правительство Санкт-Петербурге постановление создание зарядной инфраструктуры 2014. № 831. С. 2–3.
2. Lin H., Bian C., Wang Y., Li H., Sun Q., Fredrik Wallin F. Optimal planning of intra-city public charging stations // *Energy*. 2022. V. 238. P. 121948.
3. «HevCars» обзоры экологически чистых электромобилей»Заряжаем электромобиль—основные типы зарядных станций и разъемов зарядных устройств – 28 июля, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://hevcars.com.ua/reviews/zaryazhaem-elektromobil-osnovnyie-tipy-zaryadnyih-stantsiy-i-razemov/> (дата обращения 04.01.2022).

4. Рекомендательный документ по размещению и установка объектов инфраструктуры заправочных электростанций для зарядки электрических транспортных средств в Санкт-Петербурге / РМД 32–28–2018 Санкт-Петербург. 2018. № 17. С. 15–27.
5. Российская газета [Электронный ресурс] / Петербург столкнулся с нехваткой зарядных станций для электрокаров. 2021. URL: <https://rg.ru/2021/11/09/reg-szfo/peterburg-stolknulsia-s-nehvatkoj-zariadnyh-stancij-dlia-elektrokarov.html> (дата обращения 07.03.2022).

**УДК 697.35**

*Александр Игоревич Пигалин,*  
студент

*Рустем Берикович Молдашев,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: a.pigalin@mail.ru,*

*Hectvt10@gmail.com*

*Aleksandr Igorevich Pigalin,*  
student

*Rustem Berikovich Moldashev,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: a.pigalin@mail.ru,*

*Hectvt10@gmail.com*

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМБИНИРОВАННОГО НАГРЕВАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ**

### **DEVELOPMENT OF AUTOMATED COMBINED HEATING DEVICE FOR HEATING SYSTEM OF BUILDINGS**

В статье рассмотрены различные системы и устройства, предназначенные для отопления жилых помещений и сооружений. Приведены возможные основные конструкционные материалы и комплектующие, основные характеристики, пример возможного оформления нагревательного устройства, достоинства и недостатки описанных вариантов реализации. Показано электрооборудование в виде трубчатых электронагревателей с оребрением. Рассмотрено применение нагревательных элементов с возможностью дальнейшей автоматизации.

*Ключевые слова:* система отопления, ТЭНР, нагревательное устройство, электронагреватель, автоматизация, система управления.

The article discusses various systems and devices designed for heating residential premises and structures. The possible main structural materials and components, the main characteristics, an example of the possible design of the heating device, the advantages and disadvantages of the described implementation options are given. Electrical equipment in the form of tubular electric heaters with fins is shown. The use of heating elements with the possibility of further automation is considered.

*Keywords:* heating system, heating device, electric heater, automation, control system.

В настоящее время существует большое количество самых различных устройств и систем, предназначенных для обеспечения комфортного температурного режима в помещениях. Вместе с тем, всё это многообразие систем и устройств в зависимости от имеющегося источника тепловой энергии в конкретном помещении можно классифицировать на четыре основных типа:

- с жидкостным теплоносителем (вода, различные виды антифриза);
- с газообразным теплоносителем (горячий воздух, печной газ и др.);
- электрические (теповентиляторы, электро-конвекторы, масляные радиаторы, приборы инфо-красного излучения, проводные и пленочные системы теплого пола и стен);
- на твердом топливе (печное отопление дровами, углем).

Необходимо отметить, что каждый из вышеперечисленных типов системы отопления имеет как свои определенные достоинства, так и недостатки. К числу основных (ключевых) характеристик при создании любой системы отопления можно отнести следующие:

- необходимое количество оборудования, материалов и комплектующих;
- сложность (простота) выполнения монтажных (строительно-монтажных) работ;
- необходимость периодического технического обслуживания и ремонтпригодность;
- надежность (исключение каких-либо аварийных ситуаций, связанных с протечками теплоносителя, пожаром, выходом из строя электрооборудования и др.);
- срок эксплуатации;
- энергоэффективность (потери тепловой энергии на нагрев вторичных объектов) и инерционность (время начала обогрева помещения с момента включения системы отопления);
- возможность автоматизации контроля и управления системой отопления;

- общая стоимость затрат на создание и эксплуатацию системы отопления.

В общем виде практически любую систему отопления помещений можно представить в виде простой последовательной цепочки соответствующего оборудования: генератор тепловой энергии – магистраль доставки – конечный потребитель (отопительный прибор). Следует отметить, что именно от материалов и конструктивного исполнения отопительного прибора во многом зависит достижение требуемого результата по созданию и поддержанию необходимого температурного режима в помещении и, как следствие, обеспечению высокой эффективности всей системы отопления в целом. В связи с вышеизложенным, в данной работе предлагается рассмотреть концепцию создания простого по исполнению, высоконадежного и эффективного комбинированного нагревательного устройства, в котором источником тепловой энергии могут быть использованы как по отдельности, так и одновременно самые распространенные на сегодняшний день жидкостной теплоноситель и электроэнергия: [1].

### **Выбор основных конструкционных материалов и комплектующих**

В качестве основного материала для «жидкостной» части нагревательного устройства предлагается использовать гофрированную трубу из нержавеющей стали, которая сегодня получает все более широкое использование как в гражданском, так и в промышленном строительстве: [2]. Полные технические характеристики и типоразмеры трубы можно посмотреть в многочисленных открытых источниках от производителей. Здесь же отметим наиболее важные для нашего нагревательного устройства, а именно:

- простота и легкость монтажа (не требует использования каких-либо специальных инструментов и приспособлений, минимальное количество необходимых фитингов);
- высокая коррозионная стойкость (отсутствие образования каких-либо внутренних отложений и застойных зон, т. е. не тре-

буется периодическое техническое обслуживание отопительного устройства);

- неограниченный срок службы трубопровода и фитингов (для прокладок не менее 30 лет);
- возможность изготовления нагревательных устройств практически любой конфигурации и размеров, а также размещение их в наиболее удобных для пользователя местах;
- широкие диапазоны рабочих температуры (от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+110\text{ }^{\circ}\text{C}$ , не боится «разморозки» в зимнее время) и давления (рабочее – 15 бар, максимальное – 50 бар, разрыв трубы – свыше 200 бар);
- высокая теплоотдача и малая инерционность выхода на заданный температурный режим эксплуатации (толщина стенки трубы 0,3 – 0,5 мм).



Рис. 1. Пример одного из вариантов возможного изготовления нагревательного устройства закрытого типа

Благодаря достаточно элегантному внешнему виду нержавеющей трубы нагревательные устройства можно изготавливать как закрытого (в корпусе или за декоративной панелью, перегородкой), так и открытого типа (например, в качестве полотенцесушителя, сушилки для обуви и т. п.).

Для закрепления и позиционирования трубы можно использовать соответствующие сантехнические клипсы или кабельные прижимы.

В целях обеспечения дополнительного теплосъема и защиты труб от возможных механических повреждений возможно использование подходящего по конструктивному исполнению и размерам металлического профиля для гипсокартона.

### Основное Электрооборудование

В качестве электрообогрева наиболее предпочтительно использование воздушных трубчатых двух концевых электронагревателей с дополнительным оребрением из стальной гофрированной ленты (ТЭНР): [3]. Современная промышленность выпускает достаточно широкую линейку подобных электронагревателей как по габаритным размерам, так и по номинальной мощности. Выбор конкретного типа ТЭНР и их количество для нагревательного устройства зависит прежде всего от конструкции и размеров последнего, а также от возможности электропроводки обеспечить необходимое безопасное электропитание ТЭНР.

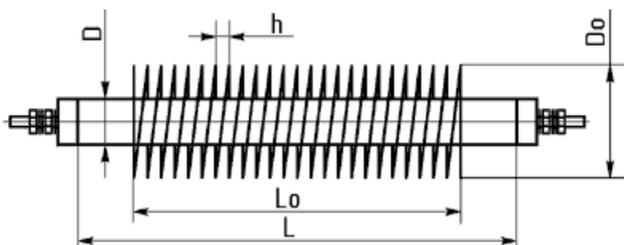


Рис. 2. Схематическое изображение ТЭНР:  $L$  – развернутая длина;  $L_0$  – длина оребрения;  $D$  – диаметр оболочки;  $D_0$  – диаметр оребрения;  $h$  – шаг оребрения

Материал изготовления ТЭНР – углеродистая или нержавеющая сталь (вопрос цены). С практической точки зрения наиболее оптимальным вариантом для использования можно рекомендо-

вать ТЭНР номинальной мощностью 1000 Вт и развернутой длиной 450 мм. Здесь необходимо отметить, что, используя последовательно-параллельные схемы подключения и соответствующей коммутации ТЭНР, можно обеспечить ряд дискретных значений суммарной номинальной мощности от максимальной до минимальной (зависит от количества установленных в отопительном приборе ТЭНР). Например, при использовании двух ТЭНР по 1000 Вт можно обеспечить суммарную мощность 500 Вт (последовательное подключение), 1000 Вт (включен только один ТЭНР), 2000 Вт (параллельное подключение).

Монтаж ТЭНР может быть выполнен между горизонтальными участками нержавеющей трубы с разбивкой как по вертикали, так и по горизонтали любым наиболее удобным способом (на стойках, уголках и др.) с обеспечением надежной термо-влаго-и-золяции мест подключения электропроводки.

Еще одним источником электрообогрева может служить нагревательный кабель из углеродного волокна. В конструкции можно использовать кабель как в тефлоновой оболочке (максимальная рабочая температура до 250 °С), так и в силиконовой (максимальная рабочая температура до 200 °С). К достоинству этого кабеля следует отнести:

- достаточно значительную выделяемую тепловую мощность (до 25 Вт на погонный метр);
- широкий диапазон рабочего напряжения (от 7 до 300 В), что позволяет осуществлять плавную регулировку температуры отопительного прибора;
- отличная гибкость и небольшой диаметр (2–3 мм в зависимости от материала оболочки).

Монтаж греющего кабеля выполняется непосредственно на линейных участках гофрированной трубы нагревательного устройства методом навивки на внутренний диаметр (между складок) с интервалом в зависимости от общей расчетной длины отрезка кабеля (определяется опытным путем на коротком участке).

*Важно!* Использование электрообогрева допускается только для полностью или частично закрытого типа нагревательных устройств.

В целях повышения эффективности теплопередачи и снижения вероятности преждевременного выхода из строя нагревательных элементов обязательным условием при эксплуатации нагревательного устройства в режиме электрообогрева является наличие принудительной циркуляции воздуха. Для этого можно использовать любые подходящие по своим техническим характеристикам (производительность, шумность, рабочее напряжение и др.) и габаритным размерам вентиляторы. В зависимости от места установки вентилятора (вентиляторов) и направления воздушного потока, циркуляцию воздуха в нагревательном устройстве можно организовать по двум направлениям («снизу – вверх», «сверху – вниз»). При необходимости возможно создание нагревательных устройств с изменяемым направлением воздушного потока.

Что касается других необходимых комплектующих (запорная арматура, терморегуляторы, модули управления, другие устройства), то их установка и выбор из всего существующего сегодня многообразия зависит только от уровня требуемой автоматизации управления нагревательным устройством.

Применение и уровень возможной автоматизации

Комбинированное нагревательное устройство можно использовать как в стационарных (центральная), так и в локальных (дача, частный дом) системах отопления.

В зависимости от предъявляемых требований и технического оснащения, уровень автоматизации управления нагревательным устройством можно условно разделить на три вида:

- ручной (все параметры и режимы работы нагревательного устройства устанавливаются и изменяются вручную при помощи соответствующих регуляторов и переключателей);
- дистанционный (управление осуществляется с пульта по радиоканалу в пределах конкретного помещения, дома);
- удаленный (управление со смартфона).

Безусловно, каждый из перечисленных уровней автоматизации имеет свои определенные преимущества и недостатки, обусловленные общим числом контролируемых параметров, количеством и качеством необходимого исполнительного оборудования, сложностью разработки и реализации конкретных схемотехнических решений. Однако, с другой стороны, данное нагревательное устройство позволяет разрабатывать и создавать на его базе самые различные варианты его эксплуатации и автоматизации – от обычного радиатора до «умного», который будет самостоятельно при любых (как внешних, так и внутренних) климатических условиях обеспечивать изначально заданные параметры в наиболее оптимальном и экономичном режиме. Такая «гибкость» автоматизации нагревательного устройства позволяет достаточно просто осуществлять последовательную его модернизацию путем монтажа дополнительных датчиков контроля параметров и соответствующих исполнительных устройств: [4].

Простой вариант пошаговой автоматизации нагревательного устройства можно рассмотреть на изображенной ниже схеме.

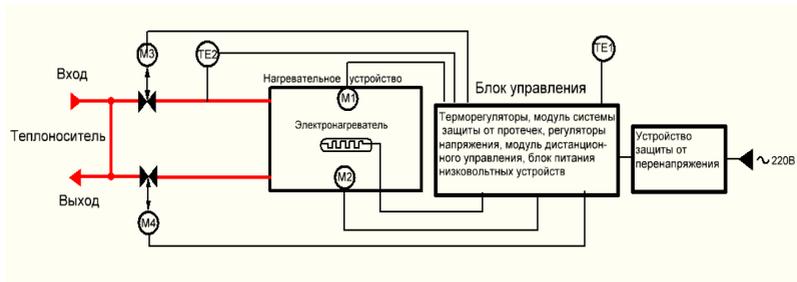


Рис. 3. Схема управления нагревательного устройства

Например, имеем минимально необходимый набор устройств для управления нагревательным устройством (ручной режим) в составе: запорные вентили, вентилятор(ы) М1 или М2, терморегулятор и внешний датчик температуры ТЕ1.

При достаточно высоких температурах теплоносителя для более быстрого обогрева помещения терморегулятор подключает принудительную вентиляцию. В дальнейшем поддержание необходимой температуры может осуществляться путем включения-выключения вентилятора либо регулировкой потока теплоносителя (зависит от тепловых потерь конкретного помещения).

В случае низких температур (слабого или полного отсутствия нагрева) теплоносителя в цепочку управления терморегулятор-вентилятор подключается электронагреватель. Чтобы избежать лишних потерь тепловой энергии можно ограничить (для ТЭНР) или полностью перекрыть (для греющего кабеля) подачу теплоносителя.

Теперь, что касается дальнейшей автоматизации. Если мы добавим в схему управления нагревательного устройства датчик контроля температуры поступающего теплоносителя ТЕ2, например, нормально замкнутый или нормально разомкнутый термостат типа KSD9700 с необходимой постоянной температурой срабатывания. Заменяем ручные шаровые краны на краны с электроприводом М3, М4. Установив ещё один вентилятор(ы) М1 или М2 (расположение зависит от уже установленного) и регулятор оборотов, модуль системы защиты от протечек воды, то при определенной схемотехнической доработке и соответствующей коммутации всех исполнительных устройств, мы получаем почти полностью автоматическое управление нагревательным устройством. Добавив в схему модуль радиоуправления на необходимое количество каналов, можно создать дистанционное управление нагревательным устройством в пределах помещения [5].

В заключение следует отметить, что в данной работе предложен только один из множества возможных вариантов создания подобных устройств. Насколько он окажется плох или хорош покажет время.

## **Литература**

1. Создание современной концепции системы «Умный дом» / Сандимиров С. А. // Молодой ученый. 2018. № 29 (215). С. 28–32.

2. Neptun intellectual water systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.neptun-iws.ru/>. – Дата доступа: 13.03.2022.
3. Компания Марион [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elektroteni.ru/>. – Дата доступа: 16.03.2022.
4. Дементьев, Андрей «Умный» дом XXI века / Андрей Дементьев. – М.: Издательские решения, 1986. – 139 с.
5. Ковалев Р. Е., Зрюмова А. Г., Зрюмов П. А. Управление системой «Умный дом» через мобильное устройство с учетом геоположения пользователя для управления отоплением в помещении // Ползуновский альманах. 2017. № 4/3. С. 228–230.

**УДК 721.021**

*Николай Олегович Войтов,*

студент

*Виктор Вадимович Пимкин,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: nikolay.voltov@mail.ru,*

*pimkin-viktor@mail.ru*

*Nikolay Olegovich Voitov,*

student

*Viktor Vadimovich Pimkin,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: nikolay.voltov@mail.ru,*

*pimkin-viktor@mail.ru*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ  
BIM-ТЕХНОЛОГИЙ**

**DESIGNING POWER SUPPLY SYSTEMS  
BASED ON BIM-TECHNOLOGIES**

Статья рассматривает способы проектирования систем электроснабжения зданий и сооружений при помощи компьютерной программы Revit от разработчика Autodesk. В ходе проделанной работы были выявлены основные возможности по созданию раздела электрики в данном программном обеспечении, а также не реализованные на данный момент функции, необходимые для создания проекта и документации. Представлено дополнительное программное обеспечение от независимых разработчиков, которое расширяет функционал программы, а также была проведена их оценка. Сделаны выводы о возможностях программы для разработки раздела электроснабжения.

*Ключевые слова:* информационное моделирование зданий, BIM, Autodesk Revit, системы электроснабжения, Teslabim, Elproject, BIM Electrical Design, Dialux Evo.

The article examines the ways of designing power supply systems for buildings and structures using the Revit computer program from the Autodesk developer. In the course of the work done, the main possibilities for creating an electric section in this software were identified, as well as functions that are not currently implemented, necessary for creating a project and documentation. Additional software from independent developers was presented, which expands the functionality of the program, and their evaluation was also carried out. Conclusions are drawn about the possibilities of the program for the development of the power supply section.

*Keywords:* building information modeling, BIM, Autodesk Revit, power supply systems, Teslabim, Elproject, BIM Electrical Design, Dialux Evo.

Информационное моделирование здания (building information modeling, BIM) – это технология оптимизации процессов проектирования и строительства, в основе которой лежат использование единой модели здания и обмен информацией о любом объекте всеми участниками на протяжении всего жизненного цикла – от замысла владельца и первых набросков архитектора до технического обслуживания готового здания [1].

На сегодняшний день для проектирования по стандартам BIM уже существует достаточное количество программных продуктов, но не во всех из них есть возможность (либо они очень сильно ограничены) проектирования систем электроснабжения.

Предлагаю рассмотреть программный продукт от компании Autodesk – САПР Revit, так как на данный момент он обладает самыми широкими возможностями для создания электрических сетей на основе информационной модели. Также Revit дает возможность проверять проект на наличие ошибок в подключении и коллизии (рассматриваются все системы в модели). Раздел электрики в Revit появился недавно, относительно других разделов инженерных систем, но имеет большое количество функций, которые позволяют в большей мере автоматизировать процесс проектирования. В программе представлены возможности по созданию следующих разделов электрики:

- расстановка осветительных приборов и светотехнический расчет;
- проектирование планов распределительных сетей электроснабжения;
- проектирование планов силовых сетей;
- создание планов кабеленесущих систем;
- сводный план сетей;
- подключение к сети приемников смежных разделов (насосы, вентиляторы и т. д.)

- создание спецификаций оборудования и материалов на основе модели.

Для создания цепей используется вкладка «Силовая система» [2]. Данная вкладка появляется на ленте при выделении любого электрического приёмника. После нажатия появится панель «Инструменты подсистем». Рассмотрим подробнее, какими командами обладает панель на рис. 1.

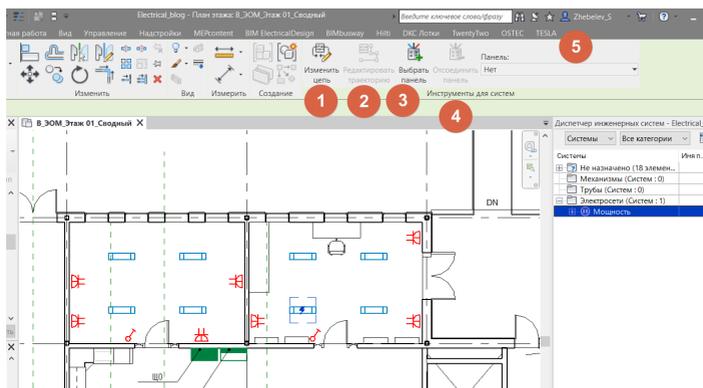


Рис. 1. Инструменты для работы с электрическими системами

1) «Изменить цепь». Позволяет добавлять или удалять из цепи элементы, в том числе менять силовую панель, к которой подключен приемник.

2) «Редактировать траекторию». В Revit возможно вручную задавать трассировку цепи и выбирать режимы траектории.

3) «Выбрать панель». С помощью этой кнопки можно выбрать силовую панель: нажали кнопку → у курсора появится иконка силовой панели → кликнули по панели, она станет щитом для данной цепи.

4) «Отсоединить панель». При нажатии данной кнопки цепь в диспетчере инженерных систем остается безымянной, но с тем же набором приемников внутри.

5) Выпадающий список панелей, к которым можно подключить потребитель. В этом списке отображаются все щиты с корректной настройкой рабочих напряжений и питающей сети для семейства, которое включаете в цепь.

В Revit, на сегодняшний день, не доступны такие возможности, как расчет электрических нагрузок, потерь напряжения, токов короткого замыкания и симметричности нагрузки, разработка заземления, молниезащиты, системы уравнивания потенциалов и создание однолинейных принципиальных электрических схем. Исходя из данных ограничений, проектирование систем электропитания возможно только при использовании дополнительных программных расширений (плагинов).

#### 1) Teslabim

Это набор программ для автоматизации и облегчения процесса проектирования раздела внутреннего электрооборудования (ЭОМ) в Revit [3]. Является плагином в панели инструментов Revit и позволяет автоматизировать следующие процессы проектирования ЭОМ: расчёт принципиальных однолинейных схем, а именно: расчёты любых режимов работы ВРУ и щитов распределительных, в том числе по пользовательским формулам, электротехнические расчёты (мощность, ток, потери) отходящих линий, фазировка, выбор установок аппаратов защиты, выбор сечений кабелей (в т. ч. с учётом коэффициентов совместной прокладки), расчёт токов короткого замыкания (КЗ). Так же программа обладает автоматизированной расстановкой светильников и светотехнические расчеты с использованием экспорта и импорта в DiaLux Evo (представлено на рис. 2). Так же в плагине есть полезные возможности автоматического рисования огнезащитных коробов вокруг лотков, работа с параметрами любых семейств и универсальные семейства оконечных устройств и работа с ними.

Таким образом, Teslabim позволяет задать множество исходных данных и методик расчета, что дает возможность пользователю настроить плагин под себя.

## 2) Elproject

Программа предназначена для построения принципиальных электрических схем групповых электрощитов промышленных и административных объектов в сетях 380/220 В, 50 Гц [4]. Приложение имеет следующие преимущества:

- бесплатное;
- имеет простой интерфейс;
- автоматически выполняет электрические расчеты на основе данных Revit и формирует готовые схемы;
- автоматически подбирает кабели с учетом потерь напряжения;
- автоматически подбирает аппараты защиты.

В надстройке реализована возможность эскорта итоговой спецификации из Revit в Excel, менять напряжение питающей сети, а также менять шаблоны с маркировкой кабельной продукции для автоматизированного подбора при расчете электрощитов.

## 3) BIM Electrical Design

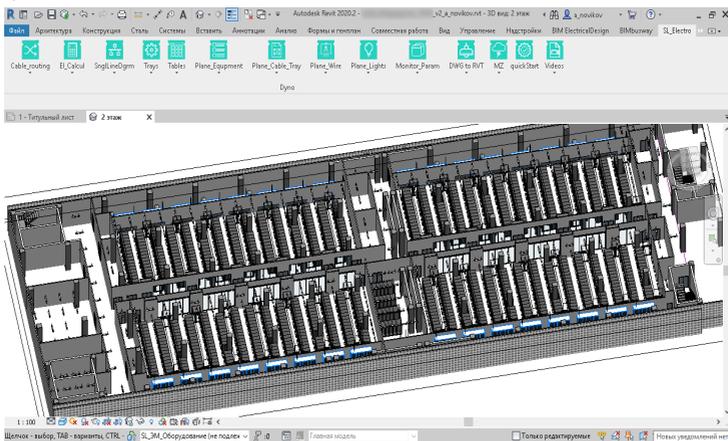
Программа обеспечивает автоматизацию расчетов параметров электрических цепей, а именно:

- расчет электрических нагрузок;
- расчет потерь напряжения в кабельных линиях;
- расчет токов короткого замыкания;
- расчет симметричности нагрузки.

Также, располагая кабельные локти и короба с помощью стандартных средств Revit, задается требуемая конфигурация прокладки кабелей и полностью контролируется процесс трассировки цепей и выбор кабельной продукции [5]. В результате работы с помощью данного расширения возможно получить однолинейные схемы по ГОСТ 21.613-2014, ГОСТ 21.608-2014, кабельные журналы по ГОСТ 21.613-2014, и спецификации по 21.110-2013. Также к плюсам программы можно отнести то, что она полностью бесплатная. Но это накладывает такое ограничение, как отсутствие выбора производителей оборудования, помимо Schneider Electric. Однако сама компания Schneider Electric предлагает большую

базу семейств для разработки проекта, которая включает в себя, как выключатели и розетки, так и щиты и силовое оборудование. Дополнение постоянно разрабатывается и поддерживается производителем, тем самым, улучшая с каждым разом процесс проектирования электротехнического раздела в Autodesk Revit.

а)



б)



Рис. 2. Модель, построенная в Revit (а) и в Dialux Evo (б)

Основным минусом данной программы является ограниченность в выборе комплектующих (они должны быть от фирмы-производителя плагина).

Таким образом, можно сделать вывод, что при помощи дополнительного программного обеспечения Autodesk Revit дает возможность разрабатывать информационную модель здания придерживаясь концепций работы с BIM моделью, при этом удовлетворяя требования действующих правил оформления документации.

Из разработанной модели в дальнейшем можно получить подробную документацию, спецификацию изделий и материалов, а также кабельные журналы и таблицы расчета нагрузок.

В дальнейшем разработчики электротехнических разделов проектов надеются на устранение указанных недостатков основной программы её создателями.

### **Литература**

1. Талапов В. В. Введение в информационное моделирование зданий. – Саратов: Профобразование, 2017. 73 с.
2. Руководство производителя Autodesk к Revit: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit/learn/caas/qsarticles/basic-tasks-mep.html> (дата обращения: 25.02.2022).
3. Интернет-сайт разработчика RChain CS Электрика. URL: <https://www.teslabim.ru/teslaforrevit> (дата обращения: 02.03.2022).
4. Интернет-сайт разработчика Elproject. URL: <http://el-proekt.ru/> (дата обращения: 02.03.2022).
5. Буклет разработчика BIM Electrical Design URL: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Brochure&p\\_File\\_Name=BIM+ElectricalDesign\\_Buklet.pdf&p\\_Doc\\_Ref=Bim\\_ed\\_brochure](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Brochure&p_File_Name=BIM+ElectricalDesign_Buklet.pdf&p_Doc_Ref=Bim_ed_brochure) (дата обращения: 09.03.2022).

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

<i>Беляева Д. А., Беляев А. Н.</i> «Регуляторная гильотина» и проблемы водоподготовки в пандемийный период . . . . .	3
<i>Ребитва С. А., Борисова К. Б.</i> Эксплуатация очистных сооружений канализации малой производительности . . . . .	10
<i>Коровин И. С., Жакевич М. О.</i> Роль аэрационных систем и их влияние на качество биологической очистки сточных вод в аэротенках . . . . .	18
<i>Дмитриева К. Г., Поляков М. С.</i> Влияние строения комплексов фталоцианинов металлов на сенсорные свойства получаемых композитных материалов с углеродными нанотрубками . . . . .	24
<i>Дрисси Т. Б.</i> Вода в качестве огнетушащего вещества. ТРВ как эффективное средство пожаротушения в высотных зданиях . . . . .	29
<i>Сюзьян Лю, Федоров С. В.</i> Исследование нового типа тонкослойного модуля . . . . .	36
<i>Мосеев А. Д., Жакевич М. О.</i> Сравнительный анализ трубчатых аэраторов и фильтросных пластин . . . . .	41
<i>Ребитва С. А., Борисова К. Б.</i> Анализ рабочих характеристик насосов при реконструкции канализационных насосных станций . . . . .	47

## Содержание

---

<i>Саньков М. А.</i> Разработка методического пособия по проектированию систем ВиВ с применением технологий информационного моделирования . . . . .	54
<i>Тюнина У. А.</i> Влияние состава используемой воды на пивоваренное производство . . . . .	58
<i>Юй Шуайсянь, Фёдоров С. В.</i> Исследование способа повышения скорости осаждения частиц малого диаметра в первичном отстойнике. . . . .	64
<i>Поливанов Д. Е.</i> Разработка программного модуля в среде Dymapo для проверки правильности расстановки пожарных кранов внутри здания в Revit. . . . .	71
<i>Чжан Шо</i> Анализ систем сбора и использования дождевой воды для двух типов крыш. . . . .	78
<i>Филиппов П. С.</i> Исследование переработки твердых коммунальных отходов методом гидротермальной карбонизации и анаэробным сбраживанием жидкой фазы . . . . .	84
<i>Лю Хао, Фёдоров С. В.</i> Моделирование газожидкостного двухфазного потока в азротенке с внешними воздействиями . . . . .	94
<i>Дуйшембекова М. М.</i> Обзор основных изменений в новых версиях Autodesk Civil 3D . . . . .	102
<i>Петрова А. А.</i> Применение конечно-элементного анализа для решения задач проектирования . . . . .	106

*Петрова А. А.*  
Факторы сброса очищенных сточных вод в источник . . . . . 111

*Чичерин Л. А.*  
Сравнение инструментов для расчета водоснабжения . . . . . 116

*Гонтарь Е. С.*  
Анализ моделей систем внутреннего водоотвода с кровли . . . . . 124

## **СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ**

*Волкова Л. Н.*  
Существующие проблемы реализации «гаражной амнистии». . . . . 130

*Бирулина А. Г., Чилингер Л. Н.*  
Беспилотные летательные аппараты:  
опыт применения технологий для мероприятий  
муниципального земельного контроля . . . . . 139

*Лосева Д. С., Демидова П. М.*  
Применение современных технологий  
распознавания земельного участка для проведения  
комплексных кадастровых работ. . . . . 143

*Чапаева П. О., Февралева Е. В., Чикина В. А.*  
К вопросу о современном состоянии мониторинга  
земель сельскохозяйственного назначения. . . . . 152

*Селезнев Г. И.*  
Легализация нежилого недвижимого имущества под жильё  
как элемент политики в сфере недвижимости . . . . . 159

## **СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

*Денисова Е. А.*  
Численное моделирование вентиляционных процессов  
в галерее торгово-развлекательного комплекса . . . . . 167

*Зубков Д. В., Рафальская Т. А.*  
Моделирование режимов работы трубчатого теплообменника . . . . . 175

## Содержание

---

<i>Ильин Е. А.</i> Опыт использования программ Star-CCM+ и SolidWorks в курсовом проектировании процессов микроклимата чистого помещения . . . . .	185
<i>Львова Л. А., Львов А. С.</i> Повышение энергоэффективности в тепловых сетях в суровых условиях Восточной Сибири . . . . .	193
<i>Павленко Е. Д., Хромов Е. В., Лушин К. И.</i> Проектирование источников теплоты с учётом режима использования тепловой нагрузки системами отопления и вентиляции . . . . .	200
<i>Руин А. Е., Смыков А. А., Бодров М. В.</i> Повышение энергоэффективности теплового контура производственных зданий с системами лучистого отопления . . . . .	207
<i>Фортас Л.</i> Моделирование воздушно-тепловой завесы у ворот производственного здания . . . . .	215
<i>Нагорная Е. А., Пухкал В. А.</i> Виртуальная лабораторная работа «Испытание горизонтального секционного кожухотрубного водоводяного подогревателя» . . . . .	218
<i>Белянко Ю. Ю.</i> Нагрузки и компенсирующая способность трубопроводов тепловых сетей . . . . .	225
<i>Рогачев Е. А.</i> Применение внутривольных конвекторов с приточной вентиляцией в условиях ограниченного пространства под инженерное оборудование. . . . .	230
<i>Ижорский Д. И.</i> Численное моделирование вентиляционных процессов в спортивном зале. . . . .	237

*Богатая А. В.*  
Моделирование воздухораспределения Малого зала Театра оперы  
и балета г. Севастополя с помощью программы Star-CCM+ . . . . . 247

## СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

*Бачманова Г. С., Желяев Е. Л., Горлатов Д. В.*  
Свинцовые и бессвинцовые припои . . . . . 254

*Вовкодав Е. М., Мехедов А. Д., Колесников В. А.*  
Алгоритм синхронизации для упругой двухроторной  
виброустановки при учете динамики электроприводов . . . . . 264

*Гафуров С. Х., Рахамов Ш. Э.*  
Методика оценки энергоэффективности параметров  
функционирования интеллектуальных зданий . . . . . 271

*Грачев М. А., Войтов Н. О., Пимкин В. В.*  
Особенности использования ВМ при проектировании  
электротехнических систем . . . . . 277

*Грачев М. А., Пимкин В. В.*  
Влияние майнинга на мировое потребление электроэнергии  
и на энергосистему Российской Федерации . . . . . 284

*Гуцу С. И., Румянцев А. Л.*  
Шина DALI . . . . . 292

*Дылев О. Г., Горский А. Н.*  
Современные подходы в изучении электромагнитной  
безопасности оборудования на объектах промышленного  
и гражданского строительства . . . . . 297

*Желяев Е. Л., Замеров М. В., Коновалов В. А.*  
Моделирование работы солнечной электростанции  
при учете условий окружающей среды . . . . . 304

*Замеров М. В., Желяев Е. Л.*  
Разработка автоматизации систем наружного освещения  
на базе LPWAN-приборов . . . . . 310

## Содержание

---

*Рахамов Ш. Э., Гафуров С. Х.*

Перспективы развития зарядной инфраструктуры  
в Санкт-Петербурге. . . . . 316

*Пигалин А. И., Молдашев Р. Б.*

Разработка автоматизированного комбинированного  
нагревательного устройства для системы  
отопления помещений . . . . . 322

*Войтов Н. О., Пимкин В. В.*

Проектирование систем электроснабжения  
на основе ВИМ-технологий. . . . . 332

Научное издание

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Материалы IV Региональной научно-практической  
конференции – магистерские слушания

21–25 марта 2022 года

Компьютерная верстка *В. С. Весниной*

Подписано к печати 27.06.2022. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 20,11. Тираж 300 экз. Заказ 67. «С» 30.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 190005, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ