

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

# **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Материалы Национальной (всероссийской)  
научно-практической конференции

20–24 марта 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

УДК 69(063)

*Рецензенты:*

канд. техн. наук *А. В. Малков* (ООО «КТ»);  
канд. техн. наук *Т. В. Алешечкина* (ООО «Хортэк-Проект»)

**Инженерные системы и городское хозяйство** : Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции [20–24 марта 2023 г.] / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2023. – 359 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1315-3

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*;  
д-р техн. наук, профессор *Н. А. Черников*;  
канд. техн. наук, доцент *А. В. Волков*;  
канд. пед. наук, доцент *Я. Г. Кирк*;  
канд. техн. наук, доцент *С. В. Федоров*;  
канд. физ.-мат. наук, доцент *Н. С. Пономарев*;  
канд. техн. наук, доцент *А. Е. Епишкин*;  
канд. техн. наук, доцент *Е. А. Анишуква* (ответственный редактор)

ISBN 978-5-9227-1315-3

© Авторы статей, 2023  
© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2023

## СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

---

**УДК 53.092**

*Торопов Михаил Николаевич,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Российский  
университет транспорта)  
*Бегунов Петр Петрович,*  
преподаватель  
*Неслер Светлана Игоревна,*  
студент  
*Новичков Иван Викторович,*  
студент  
(Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
императора Александра I)  
*E-mail: toropovmn@mail.ru,*  
*4578304@mail.ru,*  
*neslers@yandex.ru*

*Toropov Mihail Nikolaevich,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Russian University  
of Transport (MIIT))  
*Begunov Petr Petrovich,*  
lecturer  
*Nesler Svetlana Igorevna,*  
student  
*Novichkov Ivan Viktorovich,*  
student  
(Emperor Alexander I  
St. Petersburg  
State Transport University)  
*E-mail: toropovmn@mail.ru,*  
*4578304@mail.ru,*  
*neslers@yandex.ru*

### **СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ГОРОДАХ – ЭТО УМЕНЬШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТРУБ И УВЕЛИЧЕНИЕ РАСХОДОВ**

#### **REDUCED DRINKING WATER CONSUMPTION IN CITIES IS A REDUCTION IN THE LONGEVITY OF SEWER PIPES AND AN INCREASE IN COSTS**

Статья посвящена поиску оптимального решения задачи поддержания систем канализации в чистом исправном состоянии. Во внимание принимается не только большая протяженность трасс, высокая стоимость и низкая суммарная производительность традиционно используемых методов по очистке и замене труб, но и повышение тарифов. Дешевле бороться за продление срока службы труб, уже находящихся в эксплуатации. Продление срока эффективного использования трубопроводов возможно с применением «энергетического метода водоподготовки» (ЭМВ).

*Ключевые слова:* водопотребление, энергоэффективность, долговечность труб.

The article focuses on finding the best solution to the problem of keeping sewer systems clean and in good working order. Not only do we take into account the long distances involved, the high costs and the low overall performance of traditionally used methods of cleaning and replacing pipes, but also the higher tariffs. It is cheaper to fight to extend the life of pipes already in service. Extending the effective lifetime of pipelines is possible with “energetically method of water treatment” (EWT).

*Keywords:* water consumption, energy efficiency, pipe durability.

Стоя на набережной Невы, невольно сравниваешь соотношения расхода воды в реке 2500 м<sup>3</sup>/с и сэкономленные 1,4 м<sup>3</sup>/с, отнятые у 5,35 млн населения г. Санкт-Петербурга при сокращении в 2–3 раза удельного среднесуточного водопотребления (за год) на одного жителя. В СНиПе 1984 г. в таблице № 1 предлагался норматив из расчета 600 л/чел./сут., если проектирование будет производиться в 2000 г.

Что же произошло? Почему приветствуется цифра в 128 л/чел./сут. в СПб сейчас? Возможно, причиной послужило абстрактное желание не отставать от «прогрессивного» Запада, где лучше знают, как расходовать воду. Там 1500 лет не мылись и сейчас рекомендуют только обтираться, сокращая расход воды до критического минимума.

Что сотворили, то уже есть. Не трудно догадаться, что в канализационных трубах скорости потоков уменьшились и взвешенные вещества стали осаждаться в трубах-отстойниках большой длины. Далее они стали работать как фильтры: осадок уплотнялся и коагулировался. Возник новый термин: «газовая коррозия» – вроде бы как уже всем известная и везде происходящая, т. е. в общем-то, ничего необычного. Однако, при этом усилился процесс выделения газов, пошла биологическая коррозия и появились пары серной кислоты, разрушающие шельгу трубы. Долговечность труб на этом фоне сокращается до 4–20 лет

В первой трети XIX века в Париже проваливались целые улицы в клоаку города, где наблюдался застой хоз-фекальных стоков.

Там это происходило местами, а у нас, с определенно высокой вероятностью, может начать происходить повсеместно. Заилиение труб в СПб составило 70 % сечения, а иногда и 100 %. Например, дворовая канализация по ул. Чайковского. При использовании реактивных головок в сети на глубине 3 м (диаметр чугунной трубы 300 мм) на геометрической высоте более 9,3 м выбивало гидрозатворы унитазов в квартирах. Производительность двух немецких машин мощностью 386 л. с. составила за двое суток непрерывной работы всего 1 пог. м/час. Извлеченный наилок отвозился за 10 км по улицам города этими машинами, т.е. самотечное перемещение наилка заменили на перевозку автотранспортом, что более, чем в 100 раз больше по энергозатратам. Следует учесть и затраты на ремонт автодорог.

«Экономия» питьевой воды привела к заилиению канализационных сетей во всех городах РФ и бывших союзных республиках. Поэтому сети не справляются со сбросом ливневых вод и города периодически затапливаются, их инфраструктура несет значительные убытки.

Можно ли почистить канализационные трубопроводы? Расчеты по г. Ярославлю, учитывая имеющуюся в распоряжении коммунальных служб технику, показывают: и хоз-фекальную, и дождевую канализацию – не менее, чем за 5 лет. В Санкт-Петербурге, если почистить сеть труб до диаметра 1000 мм включительно, необходимо затратить более 39 млрд рублей, при этом Водоканал ежегодно недополучит 10 млрд рублей из-за непроданной «сэкономленной» у населения питьевой воды.

Как бы оценили экономисты сокращение выпуска продукции машиностроительного предприятия на такую сумму? Неужели гордились бы? А «экономией» воды – гордятся. Может кто-то думает, что сокращается количество взвешенных веществ в сточных водах и уменьшается нагрузка на природу? Нет – количество приемников сточных вод (умывальников, раковин, унитазов и т. д.) закономерно растет, концентрация взвеси увеличивается, возрастает интенсивность образования газовых пузырьков в стоках, меняется кинематический коэффициент вязкости, что сказывается на ухудшении транспортирующей способности потоков.

На «прогрессивном» Западе пытаются строить вакуумную канализацию в малых населенных пунктах, предлагают изменить конфигурацию сечения труб. В нашей стране только повсеместная замена труб будет стоить многие десятки годовых бюджетов РФ. Поэтому дешевле бороться за продление срока службы труб, уже находящихся в эксплуатации. Самый дешевый путь восстановления самотечности – вернуть населению питьевую воду в полном объеме. Продление срока эффективного использования трубопроводов возможно с применением энергетического метода водоподготовки [1]. Экспериментальное воздействие метода (ЭМВ) на трубопровод, где происходила биологическая коррозия, дало выраженный положительный эффект, что требует проведения дальнейших НИР.

#### **Литература**

1. *Торопов М. Н., Бегунов П. П.* Повышение надежности и ресурса компонентов водопроводных и теплоэнергетических систем за счет применения энергетического метода воздействия. // Новые достижения в областях, водотока, гидравлики и охраны водных ресурсов: сб. статей МНПК (Санкт-Петербург, 6–8 декабря 2017 г.) Под общей ред. Н. А. Черникова. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС. 2019, с. 7–9.

**УДК 53.092**

*Сапожников Филипп Вячеславович,*  
канд. биол. наук, вед. науч. сотр.

(Институт Океанологии  
им. П. П. Ширшова РАН)

*Васильев Николай Викторович,*  
соискатель

*Селиванов Александр Сергеевич,*  
старший преподаватель  
(Российский университет  
транспорта)

*Калинина Ольга Юрьевна,*  
мл. науч. сотр.

(Институт Океанологии  
им. П. П. Ширшова РАН)

*E-mail: fil\_aralsky@mail.ru,*

*nikwas55@mail.ru,*

*asselivanov@yandex.ru,*

*bio-energysu@mail.ru*

*Sapozhnikov Philipp Vyacheslavovich,*  
PhD in Sci. Biol., leading researcher,  
(Shirshov Institute of Oceanology of Russian  
Academy of Sciences)

*Vasilev Nikolai Viktorovich,*  
competitor

*Selivanov Alexandr Serleeevich,*  
senior lecturer  
(Russian University  
of Transport (МИИТ))

*Kalinina Olga Yurievna,*  
junior research worker  
(Shirshov Institute of Oceanology  
of Russian Academy of Sciences)

*E-mail: fil\_aralsky@mail.ru,*

*nikwas55@mail.ru,*

*asselivanov@yandex.ru,*

*bio-energysu@mail.ru*

**ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОСОЛЕНОЙ ВОДЫ  
ФИНСКОГО ЗАЛИВА С ДОБАВКОЙ ЭНЕРГЕНТА  
ДЛЯ ПРОМЫВКИ КАНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ ТРУБ  
ОТ БИОГЕННОЙ КОРРОЗИИ**

**APPLICATION OF LOW-SALTED WATER OF THE GULF  
OF FINLAND WITH THE ADDITION OF ENERAGENT  
FOR SEWER FLUSHING AND PIPE PROTECTION  
AGAINST BIOGENIC CORROSION**

В статье кратко обосновывается возможность использования малосоленой воды Финского залива (от 0,2 до 9,2 ‰) с добавкой механоактивированных алюмосиликатов (энергентов) для промывки канализационных коллекторов и защиты их от биообрастания и коррозии, включая биологическую. Решение предложено на основании результатов совместных экспериментов РУТ (МИИТ) и Института Океанологии РАН.

*Ключевые слова:* энергент, биогенная коррозия, канализация, энергоэффективность, ресурс долговечности труб, биопленки, хемоаволитотрофные бактерии, органотрофные бактерии.

In the article briefly substantiates the possibility of using low-salinity water of the Gulf of Finland (from 0.2 to 9.2 ‰) with the addition of mechanically activated aluminosilicates (energents) for flushing sewerage system and protect them from biofouling and corrosion, including biological corrosion. The solution is proposed on the basis of the results of joint experiments of RUT (MIT) and IO RAS.

*Keywords:* energent, biogenic corrosion, sewage system, energy efficiency, pipe longevity resource, monolayer, biofilms, chemoautolithotrophic bacteria, organotrophic bacteria.

Канализация относится к числу критических систем жизнеобеспечения, поэтому любые нарушения ее функционирования необходимо не только устранять, но и анализировать их причины, контролировать текущее состояние, осознавать вероятный располагаемый ресурс частей системы, осуществлять компенсирующие мероприятия.

Технологическое оборудование, позволяющее прочистить трубы, изнутри облицевать трубу пластиковыми рукавами или усилить участки трубопровода внутренними жесткими пластиковыми вставками, создать новые туннели, провести другие профилактические или модифицирующие работы – внушает уважение. Такое оборудование необходимо, но годится только для локального применения при локальной аварии или иной, фактически точечно возникающей проблеме. При этом на «штопку аварийной трубы» не только тратятся бюджетные средства на снабжение и обеспечение ремонта системы и восстановление дорожного покрытия, но и возникают спонтанные косвенные траты – ресурсы времени населения, энергоресурсы, в т. ч. топливо для транспорта, не используется полностью ресурс конструкционных материалов, затраченных на изготовление эксплуатируемых трубопроводов.

Как новый технологический вариант, предлагается рассмотреть возможность использования в Санкт-Петербурге в качестве промывочной воды для наружной канализационной сети малосоленые воды Финского залива с добавлением энергента (тонкодисперсного минерального вещества на основе природных цеолитов, в структуре которого основные роли играют оксиды кремния и алюминия; вещество не токсично). Применение такой воды с добавками энергента позволит: поднять ресурс всей системы канализации, снизить вероятность



аварий и перейти к плановым работам; обеспечить промывку канализационной сети независимо от объема водоотвода пользователей ХВС и ГВС; снизить скорость биогенной коррозии, биообрастания труб; улучшить качество очищенных сточных вод [1, 2, 3].

Для понимания минимального ожидаемого уровня повышения долговечности труб / ресурса системы, рассмотрим на образцах из стали Ст. 3 проникновение коррозии за время экспозиции (прибл. 2000 часов) в ходе эксперимента с использованием воды из разных локаций Карского моря (при 25,11 ‰ и 32,33 ‰), оказывающей на поверхность металла существенно более жесткое воздействие, нежели балтийская вода из Финского залива – ввиду более высокой солености. На рис. 1 приведены графики изменения глубины проникновения коррозии на образцах в карскоморской воде, а на рис. 2 – внешний вид образцов, экспонированных в воде с соленостью 25,11‰, при разных значениях содержания эргерента.

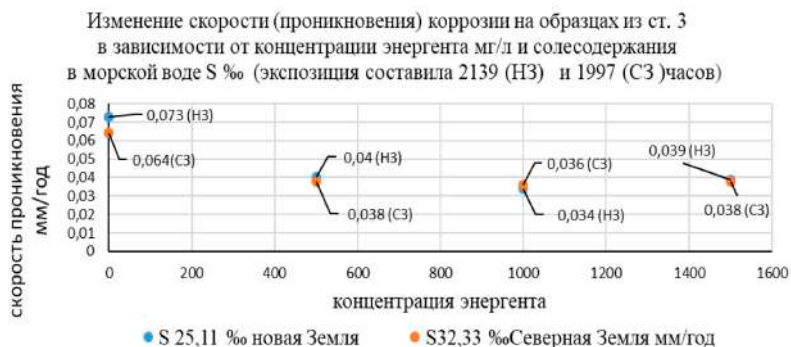


Рис. 1. График изменения глубины проникновения коррозии в образцах в морской воде разной солености, взятой в заливе Благополучия Новой земли (НЗ) и у Северной Земли (СЗ), при разной концентрации эргерента

Значение при отметке «0» оси абсцисс на рис. 1 указывает на глубину поражения образца коррозией (мм/год) в контрольной морской воде без эргерента, вычисленную на дату окончания экспозиции. Эксперименты проводили в микрокосмах (ПЭНД-емкостях объемом 18 л),

оборудованных на основе природной воды из залива Благополучия (25,11 ‰, арх. Новая Земля (НЗ)) и на открытой акватории в Восточной части моря (32,33 ‰, к северу от арх. Северная Земля (СЗ)).

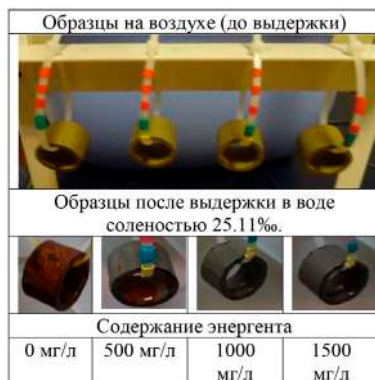


Рис. 2. Пример внешних изменений образцов из стали Ст. 3 (место взятия воды – Карское море, Залив Благополучия, Новая Земля)

О ходе экспериментов и первых результатах подробнее рассказано во второй части этой работы: в статье «Эксперименты с применением энергетического метода для защиты материалов от биокоррозии в морской воде» (авторы: Сапожников Ф. В. (ИО РАН), Кондарь Д. В. (ИО РАН), Удалов А. А. (ИО РАН), Любимов И. В. (ИО РАН), Полухин А. А. (ИО РАН)).

### Литература

1. *Топоров М. И.* О возможности выполнения в России решения Киотской конференции // *Технология машиностроения.* – 2005 – № 2 – С. 52–611.
2. *Sapozhnikov, P., Salimon, A., Korsunsky, A. M., Kalinina, O., Ilyina, O., Statnik, E., & Snigirova, A.* (2021). Plastic in the aquatic environment: Interactions with microorganisms. In: *The handbook of environmental chemistry.* Springer, Berlin, Heidelberg. Pp. 197–254.
3. *Васильев Н. В., Торопов М. Н., Селиванов А. С.* Проверка метода снижения скорости коррозии в морской и пресной воде в застойных зонах затопленных конструкций // *Современные методы и средства океанологических исследований («МСОИ 2021»): Материалы XVII Международной научно-технической конференции Том 2.* М., Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2021. 278 с.

**УДК 53.092**

*Сапожников Филипп Вячеславович,*  
канд. биол. наук, вед. науч. сотр.

*Кондарь Дарья Викторовна,*  
науч. сотрудник

*Удалов Алексей Анатольевич,*  
канд. биол. наук, ст. науч. сотр.

*Полухин Александр Анатольевич,*  
канд. геогр. наук, гл. науч. сотр.

*Любимов Иван Викторович,*  
инженер н. т. п.

(Институт Океанологии  
им. П. П. Ширшова РАН)

*E-mail: chikina@ocean.ru,*

*kondaria@gmail.com,*

*aludal@mail.ru,*

*polukhin@ocean.ru,*

*sapvanes@gmail.com*

*Sapozhnikov Philipp Vyacheslavovich,*  
PhD in Sci. Biol., leading researcher

*Kondar Daria Viktorovna,*  
researcher

*Udalov Alexei Anatoljevich,*  
PhD in Sci. Biol., senior research worker

*Polukhin Alexandr Anatolevich,*  
PhD in Sci. Geogr., chief researcher

*Lubimov Ivan Viktorovich,*  
scientific engineer

(Shirshov Institute of Oceanology  
of Russian Academy of Sciences)

*E-mail:chikina@ocean.ru,*

*kondaria@gmail.com,*

*aludal@mail.ru,*

*polukhin@ocean.ru,*

*sapvanes@gmail.com*

**ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ЗАЩИТЫ  
МАТЕРИАЛОВ ОТ БИОКОРРОЗИИ  
В МОРСКОЙ ВОДЕ**

**EXPERIMENTS WITH THE APPLICATION  
OF THE ENERGY METHOD  
OF WATER TREATMENT TO PROTECT MATERIALS  
FROM BIOCORROSION IN SEAWATER**

Статья рассказывает об условиях проведения совместного эксперимента РУТ (МИИТ) и ИО РАН и о результатах, полученных в подтверждение возможности использования малосоленой воды Финского залива (от 0,2 до 9,2 ‰) с добавкой механоактивированных алюмосиликатов (энергентов) для промывки канализационных коллекторов. Статья является продолжением статьи «Применение малосоленой воды Финского залива с добавкой энергента для промывки канализации и защиты труб от биогенной коррозии».

*Ключевые слова:* энергент, биогенная коррозия, канализация, энергоэффективность, ресурс долговечности труб, монослой, биопленки, хемоавтолитотрофные бактерии, органотрофные бактерии.

The article tells about conditions of joint experiment of RUT (MIT) and IO RAS and about the development of works in support of the possibility of using brackish water of the Gulf of Finland (from 0,2 to 9,2 ‰) with the addition of mechanically activated aluminosilicates (energent) for flushing sewage collectors. The article is a continuation of the article “Application of low-salted water of the Gulf of Finland with the addition of energent for sewer flushing and pipe protection against biogenic corrosion”.

*Keywords:* energent, biogenic corrosion, sewage system, energy efficiency, pipe longevity resource, monolayer, biofilms, chemoautolithotrophic bacteria, organotrophic bacteria.

Эксперименты проводили в ходе 89(2) рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в осенний период 2022 г. (сентябрь-октябрь). Микрокосмы, оборудованные в ПЭНД-емкостях объемом 18 л на основе воды из разных локаций Карского моря, располагались на открытой палубе, в условиях морской качки, суточных перепадов температуры, характерных для надводного пространства Карского моря в этот сезон года, при естественном освещении и при наличии газообмена перемешивающейся воды с окружающим атмосферным воздухом. В судовых условиях образцы стали Ст. 3 и разнотипного пластика экспонировались в микрокосмах при низкой солености (25,11 ‰, вода была взята из залива Благополучия, арх. Новая Земля) 2 недели, при более высокой (32,33 ‰, вода к северу от арх. Северная Земля) – 1,5 недели. Осаждение микрочастиц энергента на поверхность образцов произошло во всех повторностях, где он присутствовал в различных концентрациях. Размытия монослоя частиц энергента при движении воды в микрокосмах не произошло – в т. ч. и при последующей транспортировке грузовым автотранспортом. В дальнейшем эксперимент был продолжен в стабильных условиях, в г. Москве, в Лаборатории экологии прибрежных донных сообществ ИОРАН. Здесь модификации монослоя энергента, полученные при разных его концентрациях в среде, изучали еще на протяжении 5 месяцев.

Необходимо отметить две важные особенности формирования монослоя частиц. Во-первых, осаждение при низкой концентрации происходит изначально в форме «панцирного» покрытия,

слабо ассоциированного с поверхностью образцов – множественные участки этого «панциря» затем плотно ассоциируются с поверхностью в форме сплошных кругов разного размера, от которых начинается активный периферический рост монослоя частиц уже на образце, через их осаждение из «панциря». При высокой концентрации плотная ассоциация частиц с образцом происходит сразу сплошным слоем. Во-вторых, после формирования слоя микрочастиц на образце начинается их рост: образование дендритов в верхней части одних микрокристаллов при растворении других, расположенных между ними – так формируется слой разветвленных (древоподобных) микрокристаллов, плотно ассоциированных с субстратом. В составе биогенной ржавчины, развившейся на образцах в микрокосмах без энергента, было отмечено 5 устойчивых морфотипов колоний железобактерий и микроагрегаты формируемых ими спор. Это явление характерно и для синтетических материалов, пребывающих в морской воде [1]. На участках образцов, покрытых энергентом, образования колоний таких бактерий не наблюдали.

В осадке, образовавшемся на дне емкостей микрокосмов за первые 3 месяца эксперимента, также был отмечен дендритный рост микрокристаллов энергента в составе монослоя, но здесь, не будучи ассоциированы с субстратом, они ветвились в разных направлениях. Также в осадке присутствовали разноразмерные микроагрегаты спор железобактерий (покоящиеся стадии) – без вегетативных колоний, и в массе формировались микроколонии гетеротрофных бактерий, не окисляющих железо. Рост таких бактерий показывает, что вне структурированного монослоя частицы энергента (даже разросшиеся в форме дендритов, с увеличенной контактной поверхностью) не оказывают на них элиминирующего воздействия. Тем не менее, активного прироста этих колоний в объеме на 3–5 месяцах эксперимента не произошло – органотрофные бактерии развивались крайне медленно. На поверхности монослоя древовидно ветвящихся микрочастиц, ассоциированного с образцами, формирование незначительного количества микроколоний гетеротрофных бактерий (не ржавчинных) было отмечено только в середине

3 месяца эксперимента, в стабильных условиях – но без крепления матрикса колоний к дендритам. При движении воды эти микроколонии не будут разрастаться на слое энергента.

При сравнении глубин проникновения коррозии становится видно, что в более соленой воде с энергентом скорость ее образования уменьшилась на 43 %, а в менее соленой – с аналогичной дозой энергента – на 53 % по сравнению со скоростью коррозии в контрольной морской воде без энергента. Это означает, что ресурс времени существования исправной конструкции из такого материала в предложенных средах с добавлением энергента возрос примерно наполовину. Аналогичные значения получены и для коррозии в дистилляте – в присутствии энергента и без него [2]. Результатами исследований за период свыше 20 лет применения энергента для очистки и защиты различных конструкционных материалов (сталь, бетон, чугун, пластмассы, резины) [4] от накипно-коррозионных отложений в рабочих жидких средах (вода, нефть, низкотемпературные жидкости), влажном и сухом паре (до +170 °С), применения в системах водоподготовки, горячего и холодного водоснабжения, подтверждается стабильность характера защитных процессов, происходящих на разделе фаз гетерогенной системы типа твердая-жидкая или газообразная фаза. Долговременное (более восьми лет) наблюдение за объектами, защищенными энергентом (тепловые сети) показало снижение скорости коррозии более чем в 280 раз от первоначальной [3].

Информация по механизмам воздействия микробиологической среды на чугуны и бетон и способам подавления этого воздействия [4,5] подтверждает правильность наших выводов о возможности создания единого метода, работающего по принципу: «подобное – лечится подобным». Для примера поясним один из механизмов защиты поверхности чугуна энергентом за счет «совместимости несовместимого»: сорбирующие свойства энергента позволяют сорбировать тяжелые металлы, угнетающие рост грибов, а алюмо-силикатный каркас энергента позволяет легировать поверхность чугуна, при этом рН среды саморегулируется на уровне 7–8.5. Эти свойства позволили при обработке очистных

сооружений на станции Джанку и магистрали сброса очищенных вод (длина 3650 м) поднять качество очистки с 60 % до 96 % [6].

### Литература

1. Sapozhnikov P., Salimon A., Korsunsky A. M., Kalinina O., Ilyina O., Statnik E. & Snigirova A. (2021). Plastic in the aquatic environment: Interactions with microorganisms. In: The handbook of environmental chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg. Pp. 197–254.

2. Васильев Н. В., Торопов М. Н., Селиванов А. С. Проверка метода снижения скорости коррозии в морской и пресной воде в застойных зонах затопленных конструкций // Современные методы и средства океанологических исследований («МСОИ 2021») : Материалы XVII Международной научно-технической конференции Том 2. М., Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2021. 278 с.

3. Торопов М. Н., Бегунов П. П., Васильев Н. В., Селиванов А. С., Перков И. Е. Продление ресурса эксплуатации и повышение энергетической эффективности систем водотеплоснабжения и водоохлаждения. / Инженерные системы. – 2020 – № 1 – с. 60–66.

4. <https://fccland.ru/svoystva-chuguna/7604-soprotivlenie-chuguna-korrozii.html> «Сопrotивление чугуна коррозии» Строительно-информационный портал, обращение 03.03.2023.

5. Светлов Д. А., Качалов А. Н. Микробиологическая коррозия строительных материалов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 № 4, <https://t-s.today/PDF/19SATS419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/19SATS419/

6. Торопов М. И. О возможности выполнения в России решения Киотской конференции // Технология машиностроения. – 2005 – № 2 – С. 52–611.

**УДК 53.092**

*Торопов Михаил Николаевич,*  
канд. техн. наук  
*Селиванов Александр Сергеевич,*  
старший преподаватель  
*Васильев Николай Викторович,*  
соискатель  
(Российский университет  
транспорта)  
*Бегунов Петр Петрович,*  
преподаватель  
*Савин Владимир Юрьевич,*  
соискатель  
(Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I)  
*E-mail: toropovmn@mail.ru,*  
*asselivanov@yandex.ru,*  
*nikwas55@mail.ru,*  
*4578304@mail.ru,*  
*vusavin@gmail.com*

*Toropov Mikhail Nikolaevich,*  
PhD in Sci. Tech.  
*Selivanov Alexander Serleeevich,*  
senior lecturer  
*Vasilev Nikolai Viktorovich,*  
competitor  
(Russian University  
of Transport (MIIT))  
*Begunov Petr Petrovich,*  
lecturer  
*Savin Vladimir Yyrevich,*  
competitor  
(Emperor Alexander I  
St. Petersburg  
State Transport University)  
*E-mail: toropovmn@mail.ru,*  
*asselivanov@yandex.ru,*  
*nikwas55@mail.ru,*  
*4578304@mail.ru,*  
*vusavin@gmail.com*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО МЕТОДА  
ВОДОПОДГОТОВКИ ЭМВ В СЕТЯХ  
ВОДО-ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КОММУНАЛЬНОГО  
ХОЗЯЙСТВА**

**USE OF A PROMISING EMW WATER TREATMENT  
METHOD IN MUNICIPAL WATER  
AND HEAT SUPPLY NETWORKS**

Статья посвящена энергетическому методу водоподготовки (ЭМВ). Он позволяет создать единую технологией для очистки и защиты от коррозии и накипных отложений систем водотеплоснабжения производственных, жилых объектов в комплексе (скважины, водопроводы, теплотрассы, котельные, жилые и служебные помещения, системы оборотного водоснабжения и водоохлаждения производственного оборудования). Метод реально обеспечивает экономию теплоты и значительно увеличивает ресурс материалов теплоэнергетического оборудования.



*Ключевые слова:* энергент, коррозионнонакипные отложения, снижение скорости коррозии, экономия теплоты, экономический эффект, ресурс, долговечности труб, качество воды.

The article is devoted to the energy method of water treatment (EMW). It allows to create the unified technology for cleaning and protection against corrosion and scaling in water and heat supply systems of industrial and residential objects (wells, water pipelines, heating mains, boiler houses, residential and service premises, water recycling systems and water cooling of production equipment); the method really provides heat saving and considerably increases a resource of heat-power equipment materials.

*Keywords:* energent, corrosion scale, corrosion rate reduction, heat savings, economic effect, resource, pipe durability, water quality.

В МИИТе разработан и более 20 лет применяется энергетический метод водоподготовки (ЭМВ), который по сути является и особым видом ремонта систем водотеплоснабжения [1].

Механизм работы метода основан на свойствах механоактивированного тонкодисперсного материала (энергента), приводящих к появлению дополнительных объектов для сил межмолекулярного взаимодействия на границе раздела твердой и жидкой фаз. В качестве механизма компенсации на разделе фаз образуется двойной электрический слой (ДЭС). Любое внешнее электрическое поле, направленное вдоль границы раздела фаз вызывает смещение одного из ионных слоев, образующих ДЭС, по отношению к другому, что приводит к относительному перемещению фаз, а это приводит к пространственному разделению зарядов (поляризации) в направлении движения и изменению вектора электрического потенциала (потенциал течения, потенциал оседания). Эти потенциалы отвечают за направленность реакции, диффузию, адсорбцию, хемосорбцию, сольватацию.

Если ввести в слой раздела фаз кристаллические частицы (кристаллы) с сильными дефектами кристаллических решеток, т.е. имеющих в своей атомной структуре атомные и электронные вакансии, то при перемещении этих дефектных областей (дислокаций) по поверхности кристаллов образуются дополнительные электрические поля, что позволяет при правильном подборе

вещества кристаллов влиять не только на потенциал слоя скольжения, но и на потенциал диффузного слоя, т. е. менять даже направление реакции. Для этих целей нами применяются кристаллы инертных природных минералов.

Кристалл при перемещении дислокации по его объему или поверхности будет реагировать на это изменениями своих линейных размеров (стрикция).

Вводимые нами в защищаемую систему деформированные кристаллы имеют большой избыток энергии, а ее минимизация протекает медленно. Как показала практика, мы можем рассчитывать на работоспособность кристалла в течении 5–9 лет.

Наличие блуждающих электрических полей от движения дислокаций и эффекта стрикции объясняют не только причину разрыхления и разрушения накипнокоррозионных отложений в области нахождения кристалла, но и причину и способ переноса кристаллов по всей поверхности защищаемого объема, а также причину появления защитной пленки с низкой адгезией к загрязнениям на очищаемой поверхности и инертность метода по отношению к защищаемым конструкционным материалам.

Перевод в мелкодисперсное состояние накипнокоррозионных отложений позволяет выводить их из системы путем промывки системы водой.

Используя наш метод, мы создали и проверили единую технологию для очистки и защите от коррозии и накипных отложений системам водотеплоснабжения железнодорожных поселков в комплексе (скважины, водопроводы, теплотрассы, котельные, жилые и служебные помещения, системы оборотного водоснабжения и водоохлаждения производственного оборудования); доказали реальность экономии теплоты, значительного увеличение ресурса материалов теплоэнергетического оборудования.

Экономия теплоты – результат только комплексной обработки.

На диаграмме приведено сравнение эффективности комплексной обработки равноценных объектов теплоснабжения (инфраструктура РЖД) по перерасходу/экономии теплоты. Сокращение потребления теплоты после применения ЭМВ составило 10–15 %.

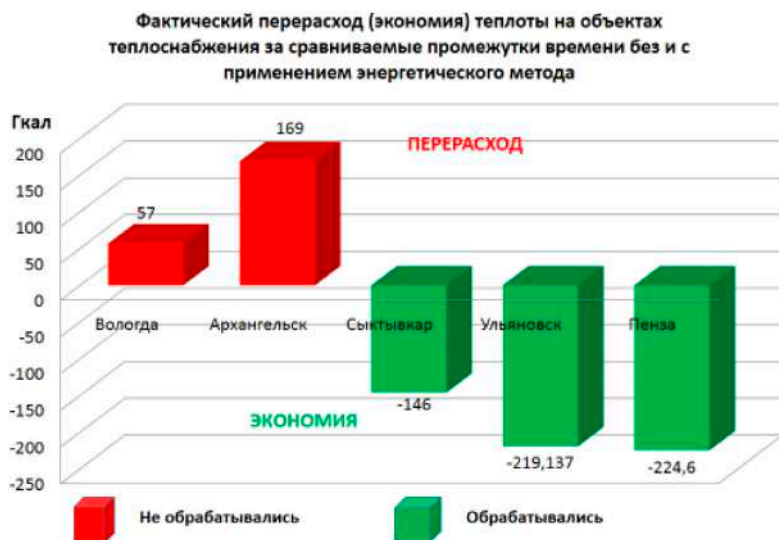


Диаграмма. Сравнение эффективности комплексной обработки

Практика подтверждает обеспечение ЭМВ требуемого ВХР в котельных:

В котельной не работает деаэратор, практически отсутствует химводоподготовка (ХВП), содержание взвесей в воде 150–200 мг/л, скорость коррозии 1,64 мм/год, при аварийной 0,2 мм/год, содержание железа 7,0 мг/л. Все параметры после применения ЭМВ приведены в норму. Наблюдение за объектом продолжалось в течение 4 лет.



Рис. 1. Объект до обработки, через 8 месяцев, через 44 месяца

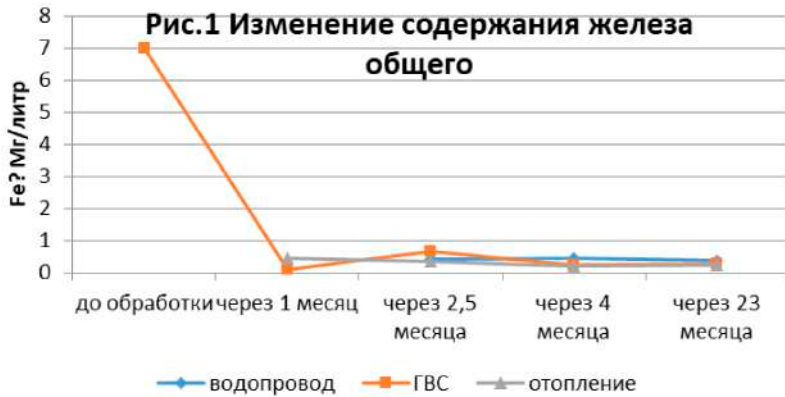


Рис. 2. Изменение содержания железа общего

На другом объекте (депо) хорошо налажена ХВП, тем не менее, солесодержание котловой воды в 3,0 раза превышает допустимые значения, скорость коррозии почти в 2,0 раза выше аварийных значений. При помощи ЭМВ была обработана система горячего водоснабжения (ГВС) по объему 48 м<sup>3</sup> и котловой контур (40 м<sup>3</sup>). За счет организации сопровождения для коррекционных обработках, скорость коррозии в системе теплоснабжения приведена в соответствие с нормативами. Она снизилась с 1,1 мм/год до 0,086 мм/год, при этом снизились мутность и содержание железа в котловой воде. Мутность – с 37,4 до 14,6 мг/л. Содержание железа – с 1,07 до 0,464 мг/л. В 2014–15 гг. проведены комиссионные внутренние осмотры поверхностей питательного бака деаэратора, парового котла (2 осмотра) (см. рис 3–5). и бака-аккумулятора системы ГВС.



Рис. 3. Вид на паровое пространство бака питательной воды.  
Вид нижней части бака (справа) через 11 месяцев после обработки (2014 г.).  
Отчетливо видна защитная пленка



Рис. 4. Состояние труб конвективных пучков через 11 месяцев  
после обработки (2014 г.)

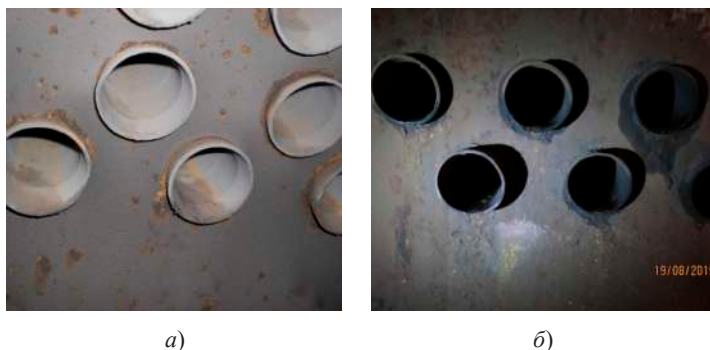


Рис. 5. Состояние: *а* – труб экрана перегородки через 11 месяцев после  
обработки (2014 г.); *б* – экранных труб со стороны нижнего барабана  
через 23 месяца после обработки (2015 г.)

По сравнению с базовым 2011 годом экономия ТЭР за период с 01.01.2013 г. по июль 2015 г. составила 531,173 тонны мазута. Результат получен за счет очистки системы от накипно-коррозионных отложений и приведения параметров ВХР системы в соответствии федеральным нормативным документам при проведении обработки и сопровождении объекта. На рисунке (рис. 6) приведен пример очистки наружной поверхности жаровых труб водогрейного котла от накипно-коррозионных отложений. Из котла выведено около 350 кг разрушенных отложений.



Рис. 6. Пример очистки наружной поверхности жаровых труб водогрейного котла от накипно-коррозионных отложений

Описание начальной ситуации по скорости коррозии (к рис. 7):

На данном объекте скорость коррозии (2,22 мм/год) до обработки превышала аварийную (0,2 мм/год) в 11 раз. Стенки трубопроводов сильно утоненные, отложения толщиной 3–5 мм.

### Результат

В результате применения ЭМВ произошло кратное уменьшение скорости коррозии (в 30–40 раз), технологически обоснованно повысился ресурс эксплуатации даже сильно изношенных трубопроводов. За все время наблюдения (4 года после ЭМВ) на сетях не было ни одной аварии. Параметры ВХР были приведены в соответствие нормативных (рис. 7).



Рис. 7. Применение ЭМВ для очистки и защиты от коррозии и отложений сильно изношенных трасс

Описание начальной ситуации по отложениям. Толщина отложений в системе более 12 мм.

Рис. 8 демонстрирует процесс очистки даже таких сильно загрязненных систем. Через два года чистая, свободная от отложений поверхность, покрытая защитной пленкой.

Скважины и другие объекты водозабора. В скважинах и водозаборах улучшается качество воды за счет использования внутрительной обработки с применением ЭМВ и очистки труб от



вторичных загрязнений. В частности, удалось уменьшить содержание железа с 1,32 мг/л (ПДК = 0,3) до 0,14 мг/л, марганца – с 0,94 (ПДК = 0,1) до 0,01 мг/л в сетях протяженностью более 90 км. При использовании очистных сооружений на основе активированного адсорбента и обеззараживающих устройств исключается использование хлоросодержащих препаратов.



Рис. 8. Процесс очистки систем

### Заключение

1. На более чем 40 ремонтных предприятиях, до обработки ЭМВ, скорость коррозии в 1,3-8,0 раз превышала аварийную 0,2 мм/год. Интенсивность накипеобразования на некоторых из них превышала нормативы в 2–6 раз. Ввиду вышеперечисленного наблюдались коррозионные повреждения трубопроводов и утонение стенок по толщине на 20 и более процентов, а также накипно-коррозионные отложения толщиной от 3 до 12 мм и более. При этом, исходя из пункта 6.2.37 «Правил», 80 % сетей должно быть заменено. Но если менять трубопроводы, не влияя на ВХР, то результат после их замены будет тот же.

2. Применение ЭМВ позволяет получить экономический эффект от:



а) сокращения затрат на текущий и капитальный ремонт трубопроводов в виду кратного уменьшения скорости коррозии и интенсивности накипеобразования. Новые стальные трубы, при сниженных скоростях коррозии могут прослужить 50–70 лет;

б) проведения ремонтных работ по выборочно-позапной схеме к вместо единовременной замены всех трубопроводов, что обуславливается учетом данных о фактической скорости коррозии при наличии стабильного ВХР;

в) существенного (10–15 %) сокращения потребления теплоты после применения ЭМВ за счет чистоты поверхности теплообмена;

г) прекращения биогенной коррозии и биообрастаний в трубопроводах;

д) По имеющемуся опыту, обработка котельных и ЦТП позволит сократить до 20 % расход топлива. при избавлении от первичных и вторичных загрязнений в скважинах и водозаборах.

#### **Литература**

1. *Торопов М. Н., Селиванов А. С., Перков И. Е.* Продление ресурса эксплуатации и повышение эффективности систем водотеплоснабжения и водоохлаждения / Инженерные системы. АВОК Северо-Запад 2020 № 1 с. 60–66. ISSN 1609-3851.

УДК 628:628.1:628.3:628.54

Дмитриева Ксения Геннадьевна,  
аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: ksyu.dmitr@gmail.com

Dmitrieva Kseniya Gennadijevna,  
postgraduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: ksyu.dmitr@gmail.com

## **ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД БУМАЖНЫХ ФАБРИК С ПОЛУЧЕНИЕМ УГЛЕРОДНОГО АДсорбЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ**

### **PROCESSING OF INDUSTRIAL WASTEWATER SLUDGE FROM PAPER MILLS TO PRODUCE CARBON ADSORBENT FOR WATER PURIFICATION**

Согласно открытым данным на 2022 год на территории Российской Федерации действует около 180 предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, в том числе предприятий, производящих различные материалы из готовой целлюлозы. В производственных сточных водах таких предприятий содержатся взвешенные частицы, образующие не утилизируемый осадок. В работе рассматривается возможность его переработки с получением эффективного и ресурсосберегающего продукта – углеродного адсорбента. Проведены эксперименты по получению углеродного адсорбента, представлены данные адсорбционной активности, динамической обменной емкости. Сделаны выводы о возможности использования продукта в качестве аналога традиционно используемым сульфоглям и преимущества его применения.

*Ключевые слова:* очистка воды, экология, утилизация отходов, углеродный адсорбент, ионообменные свойства, адсорбция.

According to open data, as of 2022, there are about 180 pulp and paper industry enterprises operating on the territory of the Russian Federation, including enterprises producing various materials from finished pulp. The industrial wastewater of such enterprises contains suspended particles that form a non-recyclable sediment. The paper considers the possibility of its processing to obtain an efficient and resource-saving product – a carbon adsorbent. Experiments have been carried out to obtain a carbon adsorbent, data on adsorption activity and dynamic exchange capacity are presented. Conclusions are drawn about the possibility of using the product as an analogue of the traditionally used sulfocarbon and the advantages of its use.

*Keywords:* water purification, ecology, waste disposal, carbon adsorbent, ion exchange properties, adsorption.

С каждым годом степень загрязнения поверхностных вод неизменно возрастает. В большинстве случаев такое явление связано со сбросом сточных вод крупных предприятий различных отраслей промышленности: текстильной, химической, металлургической, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и др. [1–2]. Помимо загрязнения водных объектов, в процессе таких производств образуются отходы, которые в большинстве случаев массово скапливаются на огромных территориях – полигонах, и за редким случаем могут вторично использоваться.

Согласно открытым данным на 2022 год на территории Российской Федерации действует около 180 предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, в том числе предприятий, производящих различные материалы из готовой целлюлозы. К тому же, в России есть предприятия, осуществляющие переработку макулатуры или использующие ее в своем цикле – для производства гофрокартона, печатной продукции, упаковку для яиц. В сточных водах таких производств содержатся различные взвешенные частицы, которые собираются механическим способом и отвозятся на полигоны твердых отходов. Так, на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности подобные отходы образуются на стадиях: промывки целлюлозы, во время технологических операций, связанных с разливом, прессованием и высушиванием целлюлозы, а на предприятиях, осуществляющих переработку макулатуры – на стадиях размачивания, помола, прессования и отмывки водой.

Исследования осадка производственных сточных вод производилось на примере предприятии АО «Гознак» г. Санкт-Петербург, образующегося на предприятии за сутки в количестве 5 тонн. Мы произвели качественный и количественный анализ, который показал, что осадок содержит 17,44 % целлюлозы, 2,5 % диоксида кремния и 70 % воды, что указывает на его экологичность, следовательно, возможность использования в качестве сырья для получения полезного продукта. В качестве основы технологии по

переработке осадка производственных сточных вод предлагается метод получения углеродного адсорбента из влажного осадка термохимической деструкцией, включающий обработку осадка концентрированной серной кислотой и нагревом полученной массы до температуры 300–500 °С. За основу взята технология получения сульфоугля, производимого в соответствии с ГОСТ 5696–74 [3–5].

В ходе эксперимента были получены образцы при различных массовых соотношениях осадок-серная кислота, а также проведены лабораторные исследования: адсорбционной активности йодометрическим методом, в ходе которых выяснилось, что нецелесообразно использовать высушенный осадок поскольку снижается адсорбционная активность адсорбента – а наилучшие показатели достигаются, когда влажность сырья находится в пределах 65–67 % (табл. 1). [5]

Таблица 1

**Зависимость адсорбционной активности по йоду от влажности исходного сырья**

Влажность сырья, %	Адсорбционная активность по йоду, мг/г	
	Мелкая фракция	Крупная фракция
73,1	120,7	76,2
66,3	190,5	82,6
62,5	57,2	67,9

Помимо этого, было выяснено, что адсорбционная активность падает с увеличением количества кислоты – т. е. с увеличением соотношения сухой осадок: серная кислота, а лучшее соотношение 1 : 05 – 0,6 (табл. 2).

Поскольку сульфоугли широко используются в технологиях очистки воды как сильноокислые катиониты – т. е. материалы, которые подходят для умягчения воды, было решено проверить способность углеродного адсорбента к ионному обмену. Результаты исследования ионообменной способности в статических услови-

ях зависимости от массового соотношения осадок: серная кислота представлены в таблице 2, из которых видно, что наилучшие данные по ионообмену достигаются при массовом соотношении 1:0,6–0,7.

Таблица 2

**Зависимость адсорбционной активности по йоду  
от массового отношения «осадок – серная кислота»**

№	Массовая доля кислоты по отношению к сухому осадку	Адсорбционная активность по йоду, мг/г	
		Мелкая фракция	Крупная фракция
1	0,3	120,65	57,15
2	0,5	120,65	76,2
3	0,6	107,95	88,9
4	0,7	76,2	31,75
5	0,9	76,2	25,4

Таблица 3

**Результаты определения ионообменной способности  
в статических условиях в зависимости от массового отношения  
«сухой осадок – серная кислота»**

№	Массовая доля кислоты по отношению к сухому осадку	Ионообменная способность адсорбента, ммоль/л	
		Мелкая фракция	Крупная фракция
1	0,3	1,00	2,79
2	0,5	1,50	1,29
3	0,6	2,67	0,38
4	0,7	3,81	2,46
5	0,9	3,00	2,46

В целях изучения основной характеристики сульфоуглей – динамической обменной емкости, лабораторные эксперименты проводились в соответствии с ГОСТ 5696-74 и ГОСТ 20255.2-89. Измерения производились циклами в 3 этапа: насыщение, включающий момент появления ионов рабочего раствора в фильтрате, что позволило определить показатель динамической обменной емкости, и до момента уравнивания концентраций в рабочем растворе и в отбираемом фильтрате – показатель полной обменной емкости. После насыщения следовали этапы регенерации углеродного адсорбента 1%-м раствором серной кислоты с последующей отмыжкой водой. Результаты определения представлены в таблице 4 [3, 6].

Таблица 4

**Результаты определения динамической обменной емкости  
и полной динамической емкости**

№ цикла	Динамическая обменная емкость, ммоль/л	Полная динамическая емкость, ммоль/л
1	195,00	243,8
2	187,00	240,1
3	185,00	237,2

Результаты исследования показали, что динамическая обменная емкость углеродного адсорбента составляет 195 ммоль/л, что превышает такой же показатель для сульфоуглей выпускаемых по ТУ 2162-001-00279870-2006 и ТУ 2162-078-05015182-2001 (180 ммоль/л), а полная динамическая емкость – 243,75 ммоль/л [7,8].

Хотелось бы отметить также, что преимущества производства углеродного адсорбента из осадка производственных сточных вод заключаются не только в утилизации отхода целлюлозно-бумажного производства и его физико-химических характеристиках, но и в технологии его получения. Для производства такого адсорбента

нет необходимости в предварительном высушивании и дроблении сырья, существенно сокращаются затраты на производство ввиду использования меньшего количества реагента (серной кислоты), после проведения реакции термохимической деструкции отсутствуют стадии промывки и сушки полученного продукта. Таким образом углеродный адсорбент является ресурсосберегающим, экологически чистым и конкурентоспособным аналогом, традиционно используемым в технологиях очистки природных и сточных вод сульфоуглями.

### Литература

1. Еремичева А. О., Головина В. В., Узай М. Ю., Рудковский А. В. Углеродные адсорбенты из отходов переработки древесины для очистки сточных вод // Успехи современного естествознания. 2005. № 8. С. 29–29. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=8998> (дата обращения: 26.04.2022).
2. Рокотьянская В. В., Россинская М. В. Анализ влияния антропогенных факторов промышленного производства на окружающую среду (на материалах легкой промышленности) // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2011. №. 2. С. 253–260.
3. ГОСТ 5696-74. Сульфуголь. Технические условия. Введ. 25.10.1974. М. : Изд-во стандартов, 1993. 7 с.
4. Дмитриева К. Г. Углеродный адсорбент для очистки воды из осадка сточных вод бумажной фабрики. // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности 2022 (С. 117–119).
5. Дмитриева К. Г. Исследование адсорбционной активности углеродного адсорбента для очистки воды, получаемого термохимической деструкцией осадка сточных вод бумажной фабрики / К. Г. Дмитриева // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 4 (93). – С. 89-95. ISBN 1999-5571.
6. ГОСТ 20255-89 Иониты. Методы определения динамической обменной емкости.
7. ТУ 2162-001-00279870-2006 Технические условия. Сульфуголь.
8. ТУ 2162-078-05015182-2001 Технические условия. Сульфуголь.

УДК 628.2

Кляус Анастасия Михайловна,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: 4124370@mail.ru

Klyaus Anastasia Mikhailovna,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: 4124370@mail.ru

## **АНАЛИЗ СИСТЕМ ГИДРОСМЫВА ОСАДКА В ПРИЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

### **ANALYSIS OF SLUDGE HYDRAULIC WASHING SYSTEMS IN THE RECEIVING TANKS OF SEWAGE PUMPING STATIONS**

Целью работы является обзор и анализ существующих систем гидросмыва осадка в приемных резервуарах канализационных насосных станций. Рассмотрены три системы гидравлического удаления осадка: ручная с применением пожарного ствола, механизированная с применением трубы с насадками по периметру приемного резервуара и механизированная с применением брандспойта с насадкой. Анализ систем гидросмыва осадка в приемных резервуарах канализационных насосных станций позволил установить, что технически привлекательной является механизированная система с применением брандспойта с насадкой. Выбор системы гидросмыва определяется технико-экономическими показателями.

*Ключевые слова:* гидросмыв, приемный резервуар, канализационная насосная станция, удаление осадка, брандспойт.

The purpose of the work is to review and analyze the existing sludge hydraulic washing systems in the receiving tanks of sewage pumping stations. Three systems of hydraulic sludge removal are considered: manual with the use of a fire barrel, mechanized with the use of a pipe with nozzles around the perimeter of the receiving tank and mechanized with the use of a hose with a nozzle. Analysis of sludge hydraulic washing systems in the receiving tanks of sewage pumping stations allowed us to establish that a mechanized system with the use of a hose with a nozzle is technically attractive. The choice of a hydraulic washing system is determined by technical and economic indicators.

*Keywords:* hydraulic wash, receiving tank, sewage pumping station, sediment removal, water hose.



Одной из важных проблем эксплуатации канализационных насосных станций с приемными резервуарами является их очистка.

На дне и стенках приемных резервуаров с течением времени при длительной эксплуатации накапливается осадок, сокращающий полезную емкость и затрудняющий эксплуатацию резервуаров [2]. Осадок по площади распределяется неравномерно, наибольшая его толщина создается в приемке и на стенках при долговременном нахождении воды на одном уровне. Со временем осадок уплотняется и в отдельных зонах трудно поддается размыву. Для надежной эксплуатации приемных резервуаров их необходимо периодически очищать от накопившегося осадка.

Рассмотрено три способа гидросмыва осадка: ручная с применением пожарного ствола, механизированная с применением трубы с насадками по периметру приемного резервуара и механизированная с применением брандспойта с насадкой [5].

При ручном способе очистки приемный резервуар промывают водой из пожарного ствола при давлении 0,02–0,3 МПа. После чего промывную воду и шлам откачивают погружной насосной установкой для работы с волокнистыми и твердыми включениями или погружным шламовым насосом для откачки абразивного шлама.

Положительной стороной ручного способа является полноценное удаление осадка со всей поверхности приемного резервуара. К недостаткам стоит отнести объем опасных работ, вредных для здоровья человека, и затраты на рабочую силу.

Механизированный способ очистки приемного резервуара с помощью трубы с насадками по периметру емкости применяется для смыва и транспортировки осадка, выпавшего в отстойной части резервуара, к приемку.

Устройство для гидросмыва осадка УГО представляет собой трубу диаметром ( $D_u$  основного трубопровода) и длиной (длина стенки приемного резервуара) с вваренными вдоль трубы по горизонтальной оси spryskami с определенным шагом [7]. Spryski выполняются в виде изогнутой трубки из нержавеющей стали с приваренным к концу трубки соплом, также выполненным из нержавеющей стали.

Устройство для гидросмыва осадка УГО устанавливается на дне резервуара, с уклоном к приемку. Рабочее давление до 6,0 кгс/см<sup>2</sup>.

Плюсом механизированного способа является более автоматизированный процесс удаления осадка и скорость выполнения работ. К недостаткам относится неполное удаление осадка со стен приемного резервуара и затраты при эксплуатации данного устройства.

При механизированном способе очистки приемного резервуара с использованием брандспойта монтируется насадка на резервуар [6]. Такой способ применяется для выведения трудноудаляемых осадков со дна и стенок приемного резервуара.

Преимуществами данного способа являются более основательная и тщательная очистка поверхностей резервуара, отсутствие опасности для рабочих, высокая скорость проведения работ и уменьшение затрат при эксплуатации.

Таким образом, проведенный обзор показывает, что очистка приемных резервуаров канализационных насосных станций является неотъемлемым этапом эксплуатации и важной проблемой.

Анализ систем гидросмыва осадка в приемных резервуарах канализационных насосных станций позволил установить, что технически и экономически привлекательной является механизированная система гидросмыва с применением брандспойта с насадкой.

#### Литература

1. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М. : Минстрой России, 2019 г.
2. СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция. СНиП 2.04.02-84\*. М.: Минстрой России, 2018 г.
3. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. М. : Госстрой СССР, 1986. 87 с.
4. Скибо Д. В. Комплекс для приема сточных вод с автоматизированным устройством гидросмыва // Патент на изобретение. 2020. № 32. С. 1.
5. Гималетдинов Г. М., Самтарова Д. М. Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах // Нефтегазовое дело, 2006 г.
6. Зачистные работы для удаления отложений из резервуаров. Компания «Газовик». URL: <https://gazovik-proekt.ru/cat/articles/zachistka/>
7. Устройство для гидросмыва осадка УГО – d-L-n. ООО «Саваж». URL: <https://ooo-savag.ru/oborudovanie-dlya-ochistnykh-sooruzhenij/prochee-tekhnologicheskoe-oborudovanie/ustrojstvo-dlya-gidrosmyva-osadka>.

**УДК 628.3**

*Кудрявцев Андрей Валерьевич,*  
аспирант

*Черников Николай Андреевич,*  
д-р техн. наук, профессор  
(Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I)

*E-mail: doktor-kudrya@yandex.ru,*  
*nika\_pgups@mail.ru*

*Kudriavtsev Andrei Valerievich,*  
postgraduate student

*Chernikov Nikolai Andreevich,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
(Emperor Alexander I  
St. Petersburg

State Transport University)

*E-mail: doktor-kudrya@yandex.ru,*  
*nika\_pgups@mail.ru*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

### **AUTOMATED CALCULATION OF MAIN FACILITIES FOR DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT**

В статье приводится информация о программе автоматизированного расчета главных сооружений для очистки бытовых сточных вод в среде Excel.

Подробно в режиме диалога, используя гиперссылки, по программе производится: выбор схемы очистки сточных вод; выбор одного из нескольких предлагаемых однотипных сооружений и их расчет; формирование таблицы с выбранными технологическим сооружениями и их расчетными параметрами.

Статья может быть полезна для проектировщиков, преподавателей и студентов.

*Ключевые слова:* приемная камера, решетка, песколовка, измерительный лоток, отстойник, аэротенк, фильтр, обеззараживание.

The article provides information about the program of automated calculation of the main facilities for the treatment of domestic wastewater in the Excel environment. In detail, in the dialog mode, using hyperlinks, the program produces: selection of wastewater treatment scheme; selection of one of several proposed structures of the same type and their calculation; formation of a table with selected technological facilities and their design parameters.

The article can be useful for designers, teachers and students.

*Keywords:* receiving chamber, grate, sand trap, measuring tray, sump, aeration tank, filter, disinfection.

Современные сооружения для очистки бытовых сточных вод (очистные канализационные станции) представляют собой весьма сложный и всегда дорогостоящий комплекс инженерных сооружений и коммуникаций. Затраты на строительство этих станций могут составлять до 50 % стоимости всей системы канализации и при прочих равных условиях существенно зависят от взаимного высотного расположения сооружений и компоновки очистной станции в плане. Следовательно, вопросам рационального решения генплана и высотной установки очистных сооружений при проектировании объектов должно уделяться пристальное внимание [1–4].

Одним из важнейших этапов проектирования очистных канализационных станций является научно обоснованный выбор состава очистных сооружений. В Российской Федерации к охране водоемов от загрязнения предъявляются очень высокие требования [5]. При проектировании сооружений для очистки бытовых сточных вод в настоящее время наиболее часто применяют полную биологическую очистку в искусственных условиях, а при повышенных требованиях к степени очистки сточных вод биологически очищенные стоки подвергают доочистке. Состав очистных сооружений, который будет обеспечивать должную степень очистки сточных вод, следует выбирать на основании тщательного всестороннего анализа данных о составе сточных вод и концентрации загрязнений в них, топографических, климатических, грунтовых и других местных условий, производительности очистной станции, нормативных документов, а также исходя из технических и экономических соображений.

Это очень сложная и ответственная задача. Для нахождения наиболее рационального состава сооружений, отвечающего всем вышеизложенным требованиям, как правило, следует составить несколько возможных вариантов, схем, произвести расчеты, затем технико-экономическое сравнение, и только затем на основании этого принять окончательное решение.

Методика расчета как высотного положения очистных сооружений, так и последующие этапы требуют от проектировщика концентрации, внимания и определенных навыков в выполнении гидравлического расчета.

В связи с этим вопрос о возможности автоматизированного расчета главных сооружений для очистки бытовых сточных вод является актуальным. Использование программы расчета существенно ускоряет работу, облегчает проведение расчетов и процедуры сравнения, уменьшает временные и трудовые затраты, позволяет найти наиболее рациональный вариант.

Программа расчета представляет собой сведенные в единую таблицу данные, необходимые для поэтапной разработки технологической схемы очистки в различных очистных сооружениях. В частности, с использованием данной программы возможен расчет как сооружений для очистки бытовых сточных вод (схемы очистки бытовых сточных вод с аэротенками и радиальными отстойниками, схема очистки бытовых сточных вод с высоконагружаемыми биофильтрами и двухъярусными отстойниками или осветлителями-перегнивателями), так и расчет сооружений для очистки производственных сточных вод (железнодорожный транспорт, схема очистки сточных вод от гальванических цехов, принципиальная схема очистки сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий, принципиальная схема очистки сточных вод мясокомбината, принципиальная схема очистки сточных вод предприятий бытовой химии, принципиальная схема очистки сточных вод красильно-отделочного производства по выпуску шерстяных трикотажных изделий, принципиальная схема очистки сточных вод нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих предприятий и др.).

Для очистки бытовых сточных вод наиболее привлекательными являются схемы очистки с применением аэротенков различных типов.

Аэротенки достаточно широко применяются в отечественной практике для биологической очистки городских и производственных сточных вод. Конструктивно аэротенки – длинные прямоугольные в плане железобетонные резервуары, по которым медленно протекает смесь активного ила и сточной жидкости, которая, как правило, прошла предварительную механическую очистку [1]. Активный ил состоит из колоний специальных аэробных микроорганизмов – минерализаторов, которые обладают способностью

сорбировать органические загрязнения, содержащиеся в очищаемой сточной жидкости, и окислять (минерализовать) их биохимическим путем в присутствии кислорода. С целью обеспечения оптимального контакта сточной воды с активным илом и для поддержания адекватного кислородного режима, необходимого для жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, смесь сточной воды и активного ила непрерывно перемешивают в аэротенках, используя сжатый воздух или специальные механические аэраторы.

Аэротенки в зависимости от исходных данных можно проектировать на различную степень очистки – полную и неполную (парциальную, частичную) очистку. При полной биологической очистке в аэротенках содержащиеся в сточной воде органические вещества окисляются почти полностью, и величина биологической потребности в кислороде ( $BPK_{полн}$ ) снижается практически до предела 15 мг/л.

В практике очистки сточных вод аэротенки используют при очень широком диапазоне расходов – от нескольких сотен до миллионов кубических метров в сутки.

Расчет аэротенков включает определение их вместимости (т. е. объема), габаритных размеров, расходов циркулирующего активного ила и воздуха, необходимых для обеспечения требуемой степени очистки сточных вод, и расчет системы аэрации.

Рассмотрим возможности программы на конкретном примере.

*Исходные данные*

Среднесуточный расход сточных вод, поступающих на КОСБ,  $m^3/сут$

$$Q_{сут.сух} = 11,1 \text{ тыс.}m^3/сут;$$

Максимальный часовой расход бытовых сточных вод,  $m^3/ч$ ;

$$Q_{ч \max.сух} = 598 \text{ }m^3/ч.$$

**Шаг 1** (рис. 1).

В соответствии с рекомендациями свода правил [3], нормативной литературы и местных условий выбираем очистки.

С помощью гиперссылки от общей схемы очистки бытовых сточных вод переходим к таблице очистных сооружений (табл. 2).

На рис. 1 представлена конструктивная схема очистки бытовых сточных вод с применением радиальных отстойников и аэротенков.

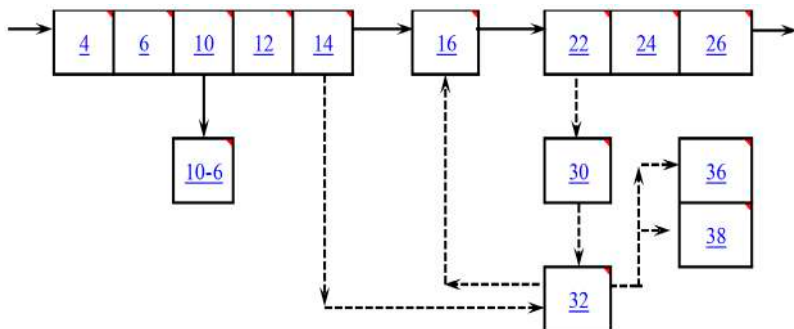


Рис. 1. Схема очистки бытовых сточных вод с применением радиальных отстойников и аэротенков: 4 – главная канализационная насосная станция; 6 – приемная камера; 10 – песколовки; 10-6 – песковые бункеры; 12 – измерительный лоток; 14 – первичные радиальные отстойники; 16 – аэротенки; 22 – вторичные радиальные отстойники; 24 – безнапорные фильтры; 26 – установки для обеззараживания; 30 – илоуплотнитель; 32 – иловая насосная станция; 36 – механическое обезвоживание осадка; 38 – иловые площадки

**Шаг 2.** С помощью гиперссылки на рис. 1 от общей схемы очистки бытовых сточных вод переходим к таблице очистных сооружений (табл. 1).

В таблице 2 представлен фрагмент сводной таблицы, используемой при расчетах. Следует отметить, что для каждого типа сооружений указаны разные варианты с источниками информации, приведена методика расчета и наиболее рациональные параметры в зависимости от расчетного расхода сточных вод.

**Фрагмент таблицы очистных сооружений  
(технологическая схема очистки)**

Сооружения	Лист	Год издания	К-во (рабочих)	Размеры сооружений, м		
				Длина, диаметр (L)	Ширина, диаметр (B)	Высота, глубина (H)
<b>8 Р. Решетка</b>						
8-1 Р. Решетка с ручной очисткой	52148	2008	2	1,30	0,74	0,21
8-2 Р. Решетка с ручной очисткой	48042	2007	2	1,71	0,77	0,61
8-3 Р. Решетка с механизированными граблями	48042	2007	2	–	1,00	1,60
8-4 Р. Решетка ступенчатые эскалаторного типа	48042	2007	2	1,44	1,06	2,53
8-5 Р. Решетки-дробилки	48042	2007	2	1,02	0,63	1,70
<b>10 ПСК. Песколовка</b>						
10-1 ПСК. Песколовки горизонтальные	768	1987	2	13,64	1,08	1,03
10-2 ПСК. Песколовки горизонтальные	52148	2008	2	3,4	0,46	–
10-3 ПСК. Песколовки горизонтальные с круговым движением воды	48042	2007	2	4,00	4,00	3,33
10-4 ПСК. Песколовки аэрируемые		1987	2	1,98	1,50	1,50



Окончание табл. 1

Сооружения	Лист	Год издания	К-во (рабочих)	Размеры сооружений, м		
				Длина, диаметр (L)	Ширина, диаметр (B)	Высота, глубина (H)
10-6 ПСК. Песковые бункеры		2007	2	1,00	1,00	1,41
10-7 ПСК. Песковые площадки		2007	2	10,0	4,45	1,50

**Шаг 3.** Выбираем гиперссылку, соответствующую рассчитываемому сооружению, например, приемная камера, решетка или песколовка. Используя рекомендации нормативной и справочной литературы [1–4] выбираем, например, типовую приемную камеру, решетку-дробилку и горизонтальные песколовки с круговым движением воды и переходим к расчету или выбору типовых сооружений с определением количества сооружений и основных расчетных параметров.

**Шаг 2** (Таблица 2).

Определение количества и габаритных размеров приемной камеры.

Таблица 2

**Определение количества и габаритных размеров приемных камер**

6	<b>ПК. Приемная камера (отстойник)</b>						
6-1	ПК. Предотстойник						
6-2	ПК. Приемная камера	48 042	2007	1	1,00	1,50	1,30
6-3	ПК. Приемный колодец						
6-4	ПК. Приемный резервуар-отстойник						
6-5	ПК. Приемный резервуар-усреднитель	36 123	2007	1	47,1	9,0	2,0

### Шаг 3 (Таблица 3).

Таблица 3

#### Основные размеры типовых песколовков с круговым движением воды

Пропускная способность песколовков		Основные размеры, мм		
м <sup>3</sup> /сут	л/с	$D_n$	$B$	$b$
1400 ÷ 2700	31 ÷ 56	4000	6000	500
2700 ÷ 4200	56 ÷ 83	4000	6000	500
4200 ÷ 7000	83 ÷ 133	4000	6000	500
7000 ÷ 10 000	133 ÷ 183	4000	6500	800
10 000 ÷ 17 000	183 ÷ 278	6000	1000	1000
17 000 ÷ 25 000	278 ÷ 394	6000	11 000	1400
25 000 ÷ 40 000	394 ÷ 590	6000	11 000	1500
40 000 ÷ 64 000	590 ÷ 920	6000	11 000	1800

Принимаем:

7000 ÷ 10 000	133 ÷ 183	4000	6500	800
---------------	-----------	------	------	-----

Аналогично определяем количество и размеры всех остальных технологических сооружений – рис. 1 и 2.

Таким образом, с использованием программы автоматизированного расчета главных сооружений для очистки бытовых сточных вод можно оперативно решать вопрос о выборе рационального состава сооружений для очистки сточных вод и производить их расчет.

Статья и программа могут быть полезны для проектировщиков, преподавателей и студентов.

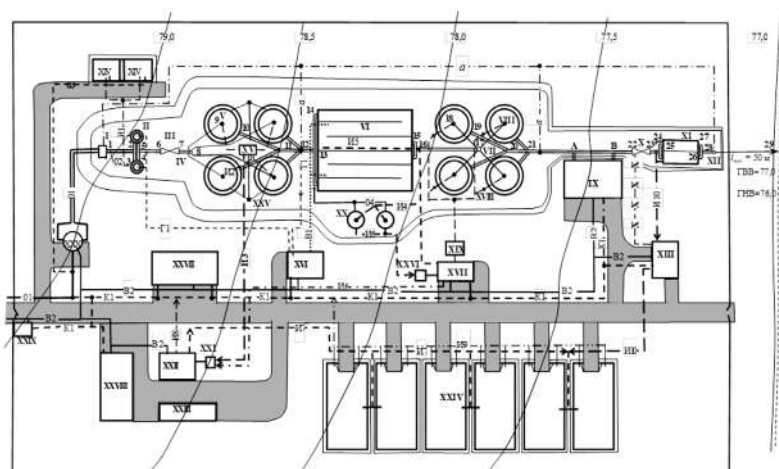


Рис. 2. Генплан очистной канализационной станции с применением радиальных отстойников и аэротенков:

- I – приемная камера; II – песколовки; III – измерительный лоток;
- IV – распределительная чаша первичных отстойников; V – первичные радиальные отстойники; VI – трехкоридорные аэротенки;
- VII – распределительная чаша вторичных отстойников; VIII – вторичные радиальные отстойники; IX – цех доочистки сточных вод на фильтрах;
- X – смеситель; XI – горизонтальные контактные резервуары; XII – колодец на выпуске; XIII – хлораторная, совмещенная с насосной станцией для перекачки осадка из контактных резервуаров; XIV – песковые площадки;
- XV – насосная станция первичных отстойников; XVI – воздушная станция; XVII – иловая насосная станция; XVIII – иловая камера вторичных отстойников; XIX – резервуар циркулирующего активного ила;
- XX – илоуплотнители; XXI – резервуар для смеси осадка первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила; XXII – цех механического обезвоживания осадка; XXIII – площадки для складирования кека; XXIV – аварийные иловые площадки; XXV – жиросборники;
- XXVI – резервуар уплотненного ила; XXVII – административное здание и лаборатория; XXVIII – гараж и мастерские; XXIX – контрольно-пропускной пункт; XXX – главная насосная станция; 01 – трубопровод сточных вод; 02 – открытые лотки сточных вод и осадка; 03 – трубопровод дренажной воды с песковых площадок; 04 – трубопровод иловой воды от илоуплотнителя; Г1 – трубопровод для подачи механически очищенной воды к гидроэлеваторам; И1 – пульпопровод (пескопровод);

И2 – трубопровод для отвода плавающих веществ из отстойников;  
И3 – трубопровод сырого осадка из первичных отстойников;  
И4 – трубопровод избыточного активного ила; И5 – трубопровод циркулирующего активного ила; И6 – трубопровод уплотненного избыточного активного ила; И7 – трубопровод смеси сырого осадка и уплотненного избыточного активного ила; И8 – трубопровод отвода фугата из цеха механического обезвоживания осадка; И9 – трубопровод иловой воды с иловых площадок; И10 – трубопровод ила из контактных резервуаров; К1 – безнапорный трубопровод внутривысочной канализации; В1 – воздуховод; Х – хлоропровод; В2 – внутривысочный водопровод; а – аварийный выпуск

### Литература

1. *Иванов В. Г., Павлова Н. Н., Капинос О. Г.* Расчет сооружений для очистки сточных вод. Методические указания для курсового и дипломного проектирования для студентов специальностей «Водоснабжение и водоотведение» 270112 и «Инженерная защита окружающей среды» 280202 – СПб. : ПГУПС, Часть I: 2007. – 73 с.

2. *Иванов В. Г., Черников Н. А.* Водоснабжение и водоотводящие системы промышленных предприятий: учебник. – М. : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. – 737 с.

3. СП 32.13330.2018 «СНиП» 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. Издание официальное. М. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2018, 113 с.

4. *Воронов Ю. В., Яковлев С. В.* Водоотведение и очистка сточных вод. / Учебник для вузов. М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2006 – 704 с.

5. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019).

6. Separation Science and Technology, 2004. V. 39. Pp. 3331–3351.

7. *Бахтин А. И.* Основы геохимии. Издательство Казань: КазГУ, 2009. 40 с.

8. *Боровский Е. Э.* Основы общей и прикладной экологии. Издательство М. : Спутник, 2000. 352 с.

9. *Vishnu Manirethan, Keyur Raval, Reju Rajan, Harsha Thaira, Raj Mohan Balakrishnan.* Kinetic and thermodynamic studies on the adsorption of heavy metals from aqueous solution by melanin nanopigment obtained from marine source: Pseudomonas stutzeri. Journal of Environmental Management, 2018. V. 214. Pz. 315–324.

10. *Галимова Р. З., Шайхиев И. Г., Камалова Н. А., Свергузова С. В.* Влияние pH среды на протекание процессов адсорбции ионов меди, никеля и цинка иголками лиственницы сибирской (*Larix Sibirica*) // Сорбционные и хроматографические процессы. 2020. 20(3). С. 400-407. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2020.20/2877/>

**УДК 628.2**

*Лю Хао,*

аспирант

*Федоров Святослав Викторович,*

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

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

*svyatoslavfedorov@mail.ru*

*Liu Hao,*

postgraduate student

*Fedorov Svyatoslav Viktorovich,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

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

*svyatoslavfedorov@mail.ru*

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАХТЫ СО СПИРАЛЬНЫМ ЛОТКОМ**

### **NUMERICAL SIMULATION OF A MINE WITH A SPIRAL CHUTE**

В работе выполняется оценка эффективности работы шахты со спиральным лотком в городской системе водоотведения. Для исследования совместного движения потока воды и газовой среды в шахте использована программа анализа гидродинамики ANSYS. Результаты показывают, что в шахте эффективно протекает процесс гашения энергии потока воды, а воздушный поток, увлекаемый водой вдоль лотка, является стабильным и непрерывным. Использование спирального лотка позволяет повысить надежность и износостойчивость перепадной шахты, а также применить устройство для рекуперации энергии, генерируемой движущимся потоком газовой среды.

*Ключевые слова:* перепадная шахта, система водоотведения, численное моделирование, ansys fluent, рекуперация энергии.

The paper assesses the efficiency of a mine with a spiral flume in an urban drainage system. The ANSYS fluid dynamics analysis program was used to study the joint movement of water and gas-air flow in the shaft. The results show that the process of damping the energy of the water flow efficiently proceeds in the shaft, and the air flow entrained by the water along the flume is stable and continuous. The use of a spiral flume makes it possible to increase the reliability and durability of the drop shaft, as well as to apply a device to recover the energy generated by the moving flow of the gas-air medium.

*Keywords:* drop shaft, drainage system, numerical simulation, ansys fluent, energy recovery.

## Введение

В системе водоотведения при сопряжении трубопроводов, располагающихся на разных отметках, используются перепадные шахты различной конструкции: с водосливом практического профиля, с трубчатым стояком, с многоступенчатым перепадом, а также со спиральным лотком [1–2]. В данной статье рассматривается работа шахты со спиральным лотком. Использование лотка подобной конфигурации позволяет потоку воды, поступающего в шахту, двигаться по спирали вниз, прижимаясь к стенке шахты. В результате кругового движения потока возникает центробежная сила, обеспечивающая возникновение дополнительного давления между водой и стенкой лотка, тем самым увеличивая трение и повышая эффективность гашения энергии. При этом образуется более стабильная полость, способствующая перемещению воздуха, что может быть использовано для выработки электроэнергии [3].

## Результаты моделирования и анализ

На основе предыдущих исследований моделей газожидкостных двухфазных потоков, шахта со спиральным лотком будет смоделирована с использованием двухжидкостной модели, со стандартным уравнением  $k-\epsilon$  для турбулентности жидкой фазы [4–5]. Рассмотрим уменьшенную модель шахты в масштабе 1:60, с исходным диаметром шахты 10 м и высотой 60 м. Масштабная модель имеет диаметр 0,17 м и высоту 1 м (рис. 1). Скорость входа потока принята: 0,5 м/с, шаг по времени равен  $\Delta t = 0,1$ , а общее время расчета составило 200 с.



Рис. 1. Геометрия расчетной области шахты со спиральным лотком

В результате моделирования получен поток воды,двигающийся по спиральной траектории. По ходу движения потока вниз по лотку, а также падение в водобойный колодец, сопровождается интенсивной аэрацией потока (рис. 2), что соответствует ожиданиям. Скорость потока по высоте шахты меняется в диапазоне 0,1–0,5 м/с.

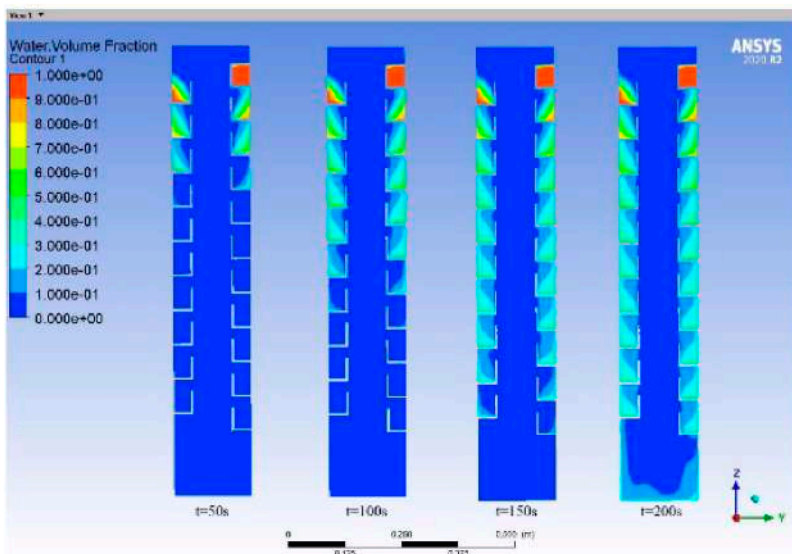


Рис. 2. Движение потока воды в шахте в различные моменты времени

Скорость потока воды определяет величину кинетической энергии. В процессе работы шахты скорость потока постепенно стабилизируется и становится меньше скорости на входе в шахту. Поток воды приводит в движение газозвудушную среду в шахте. На рис. 3 показано поле скорости газозвудушной среды. Средняя скорость газозвудушного потока получилась равна 0,05–0,35 м/с.

Также при моделировании оценивалась величина турбулентной кинетической энергии, характеризующей интенсивность турбулентности жидкости или газа. Следует отметить, чем выше турбулентная кинетическая энергия, тем интенсивнее турбулентность

потока газа или воды в шахте, тем выше степень смешивания и столкновения жидкостей, тем значительнее эффект гашения энергии в шахте. Поле распределения турбулентной кинетической энергии для смоделированной работы шахты показано на рис. 4.

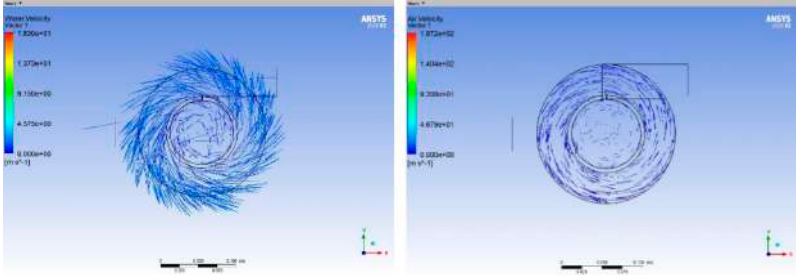


Рис. 3. Поле скорости газовоздушной среды

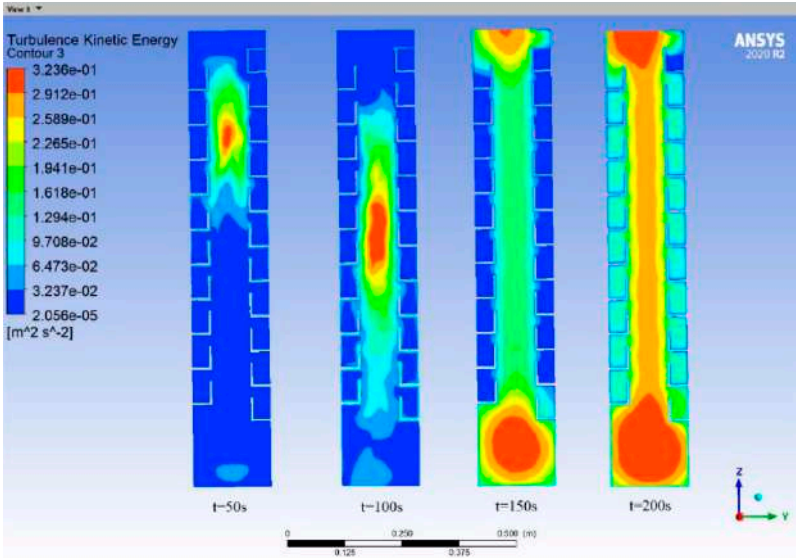


Рис. 4. Распределение турбулентной кинетической энергии в различные моменты времени в шахте



### Литература

1. *Wu Jianhua, Yang Tao, Shen Jieyi et al.* Study on the hydraulic characteristics of a large rotation angle step drainage channel shaft [J]. *Hydrodynamics Research and Progress (Series A)*, 2018, № 33(02): С. 176–180.
2. *Wang L. R., Guo J., Wei J. F. et al.* Research on the application of shaft structure in urban drainage system [J]. *Journal of Lanzhou Institute of Petrochemical Technology*, 2022, № 22(02). С. 23–26.
3. *He Zhenjun, Wang Bin, Yang I. et al.* Progress of research and application of shafts in municipal drainage system [J]. *China Water Supply and Drainage*, 2017, № 33(10). С. 49–53.
4. *Wu P.* Numerical simulation study of a new type of energy dissipator for horizontal cyclonic flow in vertical shafts [D]. *Hefei University of Technology*, 2010 г.
5. *Wan Chao, Guilin.* Numerical simulation and analysis of pulsating pressure at the bottom plate of flood discharge shaft based on VOF model [J]. *Jilin Water Resources*, 2020, № 461(10). С. 5–10.

**УДК 628.3**

*Новичков Иван Викторович,*  
студент  
*Черников Николай Андреевич,*  
д-р техн. наук, профессор  
(Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I)  
*E-mail: ivinov1@mail.ru,*  
*nika\_pgups@mail.ru*

*Novichkov Ivan Viktorovich,*  
student  
*Chernikov Nikolai Andreevich,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
(Emperor Alexander I  
St. Petersburg  
State Transport University)  
*E-mail: ivinov1@mail.ru,*  
*nika\_pgups@mail.ru*

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНОЙ  
КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**

**AUTOMATED CALCULATION  
OF THE MAIN SEWAGE PUMPING STATION**

В статье приводится информация о программе автоматизированного расчета главной канализационной насосной станции в среде Excel.

Подробно в режиме диалога по программе производится: выбор режима работы и определение категории надежности действия насосной станции; определение расчетной производительности насосной станции; расчет требуемой вместимости приемного резервуара насосной станции; определение материала и диаметров всасывающих и напорных трубопроводов; определение параметров для подбора насосов; подбор насосов из каталога, содержащего более 1500 насосов, имеющихся в настоящее время на рынке Российской Федерации; построение характеристики совместной работы насосов и трубопроводов в графическом виде; определение основных размеров канализационной насосной станции.

Статья может быть полезна для проектировщиков, преподавателей и студентов.

*Ключевые слова:* насосная станция, расчетный расход, характеристика совместной работы насосов и трубопроводов.

The article provides information about the program of automated calculation of the main sewage pumping station in the Excel environment. In detail, in the program dialog mode, the following is done: selection of the operating mode and determination of the reliability category of the pumping station; determination of the design capacity of the pumping station; calculation of the required capacity of the receiving tank of the pumping station; determination of the material and diame-

ters of suction and pressure pipelines; determination of parameters for the selection of pumps; selection of pumps from a catalog containing more than 1,500 pumps currently available on the Russian Federation market; construction of characteristics of joint operation of pumps and pipelines in graphical form; determination of the main dimensions of the sewage pumping station.

The article can be useful for designers, teachers and students.

*Keywords:* pumping station, design flow rate, characteristics of joint operation of pumps and pipelines.

Главная канализационная насосная станция предназначена для подачи сточных вод на очистные сооружения и проектируется в соответствии с рекомендованной литературой [1–3].

#### **Порядок выполнения работы**

*А.* Выбор режима работы и определение категории надежности действия насосной станции;

*Б.* Определение расчетной производительности насосной станции;

*С.* Расчет требуемой вместимости приемного резервуара насосной станции;

*Д.* Определение материала и диаметров всасывающих и напорных трубопроводов.

*Е.* Определение параметров для подбора насосов;

*Ж.* Подбор насосов из приведенного каталога.

*З.* Построение характеристики совместной работы насосов и трубопроводов.

*И.* Определение основных размеров канализационной насосной станции.

Возможности программы расчета главной канализационной насосной станции рассмотрим на конкретном примере.

*А.* Выбор режима работы и определение категории надежности действия насосной станции.

Под режимом работы насосной станции системы водоотведения понимают график откачки сточных вод насосами из приемного резервуара.

Для выбора режима работы главной насосной станции (ГКНС) необходимо строится график притока сточных вод в приемный

резервуар ГКНС по часам суток. Этот график строится по данным таблицы расходов сточных вод по часам суток всех обслуживаемых объектов (населенный пункт, промпредприятие, железнодорожная станция и т. д.) или на основании заданного коэффициента часовой неравномерности водоотведения  $K_{\text{ч}}$  следующим образом:

Таблица 1

**Примерное распределение расхода бытовых сточных вод по часам суток, %  $Q_{\text{сут}}$ , в зависимости от коэффициента часовой неравномерности водоотведения  $K_{\text{ч}}$  (определяется с помощью интерполяции)**

Часы суток	Максимальный общий коэффициент неравномерности водоотведения $K_{\text{ч}}$										В нашем случае	
	1,9	1,8	1,7	1,6	1,50	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15	$K_{\text{ч}} =$	1,30
0-1	1,21	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60		1,92
1-2	1,21	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60		1,92
2-3	1,21	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60		1,92
3-4	1,21	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60		1,92
4-5	1,21	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60		1,92
5-6	3,10	3,30	3,50	4,35	4,28	4,20	4,80	5,05	4,90	4,80		4,92
6-7	4,80	5,00	5,20	5,95	5,88	5,80	5,00	5,15	4,90	4,80		5,07
7-8	7,00	7,20	7,00	5,80	5,80	5,80	5,00	5,15	5,00	4,80		5,07
8-9	7,95	7,50	7,10	6,70	6,28	5,85	5,65	5,20	5,00	4,80		5,43
9-10	7,95	7,50	7,10	6,70	6,28	5,85	5,85	5,20	5,00	4,80		5,53
10-11	7,95	7,50	7,10	6,70	6,28	5,85	5,65	5,20	5,00	4,80		5,43
11-12	8,35	6,40	6,50	4,80	4,93	5,05	5,25	5,10	5,00	4,80		5,18
12-13	3,65	3,70	3,80	3,95	4,08	4,20	5,00	5,00	4,80	4,70		5,00
13-14	3,65	3,70	3,80	5,55	5,68	5,80	5,25	5,10	5,00	4,80		5,18
14-15	3,25	4,00	4,20	6,05	5,93	5,80	5,65	5,20	5,00	4,80		5,43
15-16	5,60	5,70	5,80	6,05	5,93	5,80	5,65	5,20	5,00	4,80		5,43
16-17	6,20	6,30	8,40	5,60	5,70	5,80	5,65	5,20	5,00	4,80		5,43

Окончание табл. 1

Часы суток	Максимальный общий коэффициент неравномерности водоотведения $K_q$										В нашем случае	
	1,9	1,8	1,7	1,6	1,50	1,4	1,35	1,25	1,2	1,15	$K_q =$	1,30
17-18	6,20	6,30	6,40	5,60	5,68	5,75	4,85	5,15	5,00	4,70		5,00
18-19	6,20	6,30	6,40	4,30	4,75	5,20	4,85	5,10	5,00	4,80		4,97
19-20	5,00	5,25	5,30	4,35	4,55	4,75	4,85	5,10	5,00	4,80		4,97
20-21	3,00	3,40	3,40	4,35	4,23	4,10	4,85	5,10	5,00	4,80		4,97
21-22	2,00	2,20	2,20	2,35	2,60	2,85	3,45	3,80	4,50	4,80		3,62
22-23	1,00	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,85	2,00	2,40	3,00		1,92
23-24	1,10	1,25	1,25	1,55	1,60	1,65	1,85	2,00	2,25	2,60		1,92

Макс: 8,35 7,50 8,40 6,70 6,28 5,85 5,85 5,20 5,00 4,80 Макс.ч 5,53

Мин: 1,00 1,25 1,25 1,55 1,60 1,65 1,85 2,00 2,25 2,60 Мин.ч 1,92

**Категория надежности действия** проектируемой насосной станции определяется согласно требованиям СНиП [1].

#### **Б. Определение расчетной производительности насосной станции**

При проектировании насосной станции водоотведения суммарная производительность насосов назначается равной максимальному часовому притоку сточных вод в приемный резервуар. Для обеспечения нормальной работы насосов в условиях неравномерного притока предусматривают создание минимальной вместимости приемного резервуара на пятиминутную подачу одного насоса, что позволяет в течение некоторого времени накопить определенный объем сточных вод при неработающих насосах, а затем после их включения откачать скопленную воду. Главную канализационную насосную станцию рассчитывают на два режима работы: а) нормальный режим – наружные трубопроводы и оборудование исправны; б) аварийный режим – авария на одном из наружных напорных трубопроводов.

Согласно СНиП [1] расчетная часовая **производительность насосной станции** как для нормального, так и для аварийного режима работы принимается одинаковой, равной максимальному часовому притоку сточных вод в приемный резервуар.

**С. Расчет требуемой вместимости приемного резервуара насосной станции**

**Требуемую (регулирующую) вместимость приемного резервуара** рассчитывают в соответствии с режимом работы насосной станции и ее общей производительностью. Можно это делать графическим способом при совмещении часовых графиков притока и откачки сточных вод. При известном числе включений насосов за один час минимальная вместимость приемного резервуара может рассчитываться по формуле

$$W_{\min} = \frac{W_{\text{ч.мин}}}{n} \left( 1 - \frac{Q_{\text{ч.мин}}}{Q_{\text{н.у}}} \right) = 5,17 \text{ м}^3, \quad (1)$$

где  $W_{\text{ч.мин}} = 26,25$  – объем сточных вод в час минимального притока (совпадает с  $Q_{\text{ч.мин}}$ ),  $\text{м}^3$ ;  $n = 5$  – число включений насосов за 1 ч; (максимально  $n = 6$ );  $Q_{\text{ч.мин}} = 26,25$  – минимальный часовой приток сточных вод за сутки,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $Q_{\text{н.у}}$  – подача насосной станции,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Расчетную схему ГКНС см. на рис. 1.

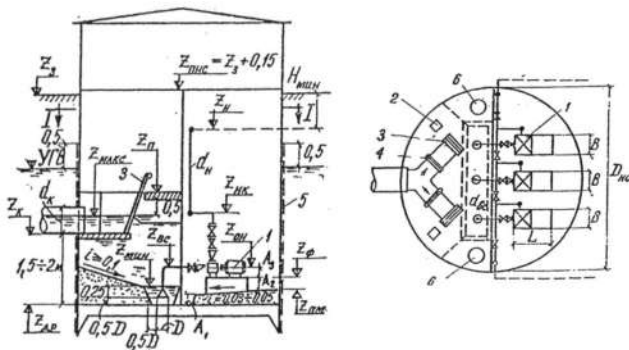


Рис. 1. Расчетная схема ГКНС: 1 – насосный агрегат; 2 – дробилка; 3 – решетка; 4 – шибер; 5 – гидроизоляция; 6 – лаз в резервуар

Таблица 2

## Основные исходные данные

Число жителей в населенном пункте, $N_{\text{ж}}$	35 100	
Суточный объем городских сточных вод, поступаемых на ГКНС, $Q_{\text{сут}}$	12 408	м <sup>3</sup> /сут
Среднесекундный расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения $q_{\text{ср.с}}$	143,6	л/с
Коэффициент часовой неравномерности, $K_{\text{ч}}$	1,30	-
Расчетный расход ГКНС	1811	м <sup>3</sup> /ч.

***Д. Определение материала и диаметров всасывающих и напорных трубопроводов******Диаметры труб в КНС и вне ее***

Всасывающая линия – трубы стальные электросварные;

$$d_{\text{вс}} = 600 \text{ мм}; \quad v_{\text{вс}} = 0,89 \text{ м/с}; \quad v_{\text{вс.рек}} = 0,9 \div 1,2 \text{ м/с}.$$

Напорная линия внутри насосной станции – трубы стальные электросварные;

$$d_{\text{н.тр}} = 500 \text{ мм}; \quad v_{\text{н.тр}} = 1,28 \text{ м/с}; \quad v_{\text{н.тр.рек}} = 1,2 \div 1,5 \text{ м/с}.$$



Напорная линия вне насосной станции – трубы пластмассовые;

$$d_{\text{н}} = 458 \text{ мм}; \quad v_{\text{н}} = 1,53 \text{ м/с}; \quad v_{\text{н.рек}} = 1,5 \div 1,8 \text{ м/с}.$$

***Е. Определение параметров для подбора насосов;***

Таблица 3

Требуемые параметры для подбора насосов

Режим	Расчетная производительность		Расчетный напор	Геометрическая высота подъема	Напорные линии		НС	Запас напора	Условные обозначения на рис. 2
	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	$q, \text{ л/с}$			$d_{\text{нр}}, \text{ мм}$	$h_{\text{нр}}, \text{ м}$			
Нормальный режим	1811	503	19,5	14,5	458	4,18	0,84	1,00	
Аварийный режим	1811	503	26,8	14,5	458	10,4	0,84	1,00	
Для одного насоса	$Q_{\text{н.у}} =$	1268	$\text{м}^3/\text{ч};$	$H_{\text{н.у}} =$	19,5	м.	- нормальный режим работы;		
	$Q_{\text{ав.у}} =$	1268		$H_{\text{ав.у}} =$	26,8	м.	- аварийный режим работы.		



Принимаем 2 насоса.

**Ж. Подбор насосов из приведенного каталога**

Таблица 4 (левая часть)

**Основные технические характеристики насосов**

Марка насоса	Насос					
	Подача, м <sup>3</sup> /ч			Напор, м		
	$Q_{\min}$	$Q_{\text{насп}}$	$Q_{\max}$	$H_{\max}$	$H_{\text{насп}}$	$H_{\min}$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
СМ 300-250-500		418	800	979	38	32

Таблица 4 (правая часть)

Электродвигатель				Масса, кг, и размеры агрегата, мм			
$h_{\max}$ , %	$N_{\text{эд}}$ , кВт	$n$ , об/мин	Напря- жение, В	$M_{\text{агр}}$	$L$	$B$	$H$
<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
22	66	160	960	1925	2785	1040	1270

**3. Построение характеристики совместной работы насосов и трубопроводов**

Таблица 5

Расчетные параметры совместной работы насосов и трубопроводов (см. рис. 2)

Совместная работа насосов и трубопроводов		$Q_{1н}$	$Q_{2н}$	$H_{1тр}$	$H_{2тр}$
Подача 2 насосов на 2 трубопровода			2000		21
Подача 1 насоса на 2 трубопровода		1050			16
Подача 2 насосов на 1 трубопровод			1800	27	
Подача 1 насоса на 1 трубопровод		1040		18	

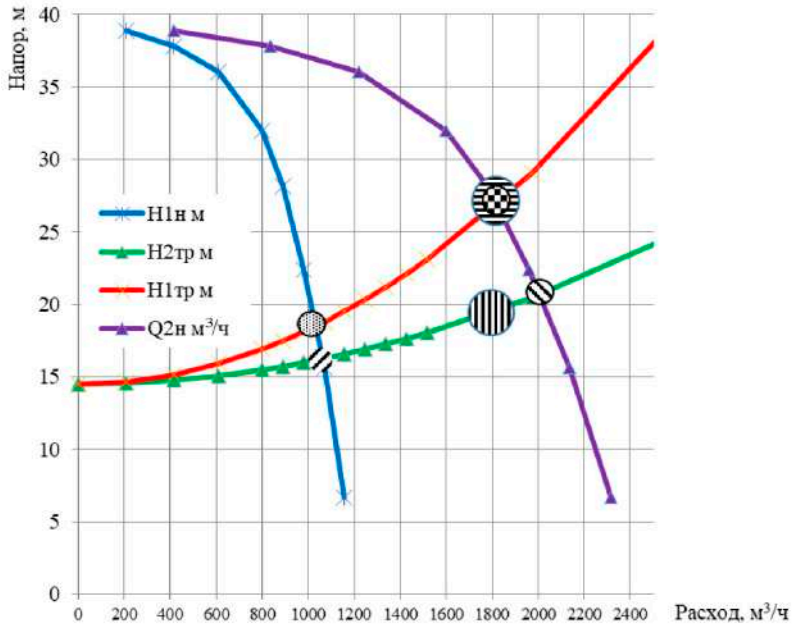


Рис. 2. Характеристики совместной работы насосов и трубопроводов

**И. Определение основных размеров канализационной насосной станции**

Таблица 6

**Определение основных размеров канализационной насосной станции**

6. Основные размеры КНС, м	$L (D)$	$B (D)$	$H$
Подземная часть	5,48	5,48	8,98
Наземная часть	5,48	5,48	4,00

### Литература

1. СП 32.13330.2018 «СНиП» 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. Издание официальное. М. : Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2018, 113 с.
2. *Воронов Ю. В., Яковлев С. В.* Водоотведение и очистка сточных вод. / Учебник для вузов. М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2006 г. – 704 с.
3. *Иванов В. Г., Черников Н. А.* Водоснабжение и водоотводящие системы промышленных предприятий: учебник. – М. : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. – 737 с.

**УДК 628.14**

*Твардовская Екатерина Андреевна,*  
студент  
*Неслер Светлана Игоревна,*  
студент  
*Ильченко Анастасия Алексеевна,*  
студент  
*Кошелева Анастасия Яновна,*  
студент  
*Терехов Лев Дмитриевич,*  
д-р техн. наук, профессор  
(Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I)  
*E-mail: tvardov-k@mail.ru,*  
*NeslerS@yandex.ru,*  
*kinski27@yandex.ru,*  
*natuuushaaa 2002@mail.ru,*  
*levter4@rambler.ru*

*Tvardovskaya Ekaterina Andreevna,*  
student  
*Nesler Svetlana Igorevna,*  
student  
*Ilchenko Anastasia Alekseevna,*  
student  
*Kosheleva Anastasia Yanovna,*  
student  
*Terekhov Lev Dmitrievich,*  
Dr. Sci. Tech., Professor  
(Emperor Alexander I  
St. Petersburg  
State Transport University)  
*E-mail: tvardov-k@mail.ru,*  
*NeslerS@yandex.ru,*  
*kinski27@yandex.ru,*  
*natuuushaaa 2002@mail.ru,*  
*levter4@rambler.ru*

**СНИЖЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОДОГРЕВА ВОДЫ  
ПРИ РАБОТЕ ВОДОВОДА В РЕЖИМЕ  
ВНУТРИТРУБНОГО ОБЛЕДЕНЕНИЯ**

**REDUCING THE DEGREE OF WATER HEATING DURING  
THE OPERATION OF THE WATER DUCT BY ICING  
INSIDE THE PIPE**

В районах с суровыми климатическими условиями для предотвращения замерзания трубопроводов используют подогрев воды перед ее подачей в водоводы. В работе предложен режим работы трубопровода, при котором снижаются затраты на подогрев воды путем создания в трубопроводе внутритрубного обледенения. Расчеты демонстрируют, что такой подход снижает гидравлические потери и увеличивает пропускную способность трубопровода. В работе представлены зависимости, позволяющие определить необходимую температуру подогрева воды, по которой определяется количество теплоты и расход топлива как при работе в режиме внутритрубного обледенения, так и без него. Расчеты показывают, что при использовании режима подачи воды с образованием слоя льда на внутренней стенке трубопровода возможно снизить количество расходуемого топлива более, чем в два раза.

*Ключевые слова:* трубопроводы, вечномерзлые грунты, внутритрубное обледенение, пропускная способность, потери напора, подогрев воды, расход топлива.

In areas with harsh climatic conditions, to prevent freezing of pipelines, water heating is used before it is fed into the pipelines. The paper proposes a pipeline operation mode in which the costs of heating water are reduced by creating in-line icing in the pipeline. Calculations demonstrate that this approach reduces hydraulic losses and increases the throughput of the pipeline. The paper presents dependencies that allow determining the required water heating temperature, which determines the amount of heat and fuel consumption both when operating in the mode of in-line icing and without it. Calculations show that when using the water supply mode with the formation of an ice layer on the inner wall of the pipeline, it is possible to reduce the amount of fuel consumed by more than two times.

*Keywords:* pipelines, permafrost soils, internal icing, throughput, pressure loss, water heating, fuel consumption.

Более 60 % территории Российской Федерации расположено в зоне вечномерзлых грунтов. Здесь проживает более 11 миллионов человек почти в 400 больших и малых населенных пунктах. Эти районы отличаются суровым климатом, низкими отрицательными температурами воздуха и продолжительными зимами.

Для обеспечения населения и промышленности водой проложены тысячи километров трубопроводов. К отличительным особенностям эксплуатации северных трубопроводов следует отнести то, что воду для предотвращения перемерзания в трубах перед подачей в водоводы подогревают. В соответствии с СП 31.13330.2021 [1] при проведении теплотехнических расчетов температуру воды в конечных участках сети и водоводов следует принимать для труб диаметром до 300 мм – не менее 5 °С, свыше 300 мм – не менее 3 °С. Для выполнения этих условий приходится расходовать большое количество топлива и электроэнергии. По этой причине себестоимость воды на Севере в пять-восемь раз выше, чем в средней полосе страны [2, 3].

Необходимы новые технологии, обеспечивающие снижение затрат на подачу воды. Этого можно достигнуть путем снижения

степени подогрева воды в начале трубопровода до тех пор, пока на внутренней поверхности трубы не начнет образовываться тонкий слой льда, покрывающий шероховатости стальной трубы [4].

В этом случае происходит качественный скачок в гидравлическом режиме работы водовода.

Известно, что шероховатость поверхности льда в 120 раз меньше шероховатости внутренней поверхности трубы [5]. В этом случае резко уменьшаются потери напора по длине трубопровода, и увеличивается пропускная способность.

Для количественной оценки преимущества использования режима работы трубопровода с внутритрубным обледенением с гидравлической точки зрения проведем сравнение работы трубопровода длиной 5 км, внутренним диаметром 311 мм, покрытого теплоизоляцией из минеральной ваты толщиной 100 мм, при расходе транспортируемой воды 99 л/с. Эквивалентная шероховатость стальных неновых труб составляет  $\Delta_{\text{т}} = 1,2$  мм [6], а поверхности льда –  $\Delta_{\text{л}} = 0,01$  мм, тогда по формуле Альтшуля А. Д. можно вычислить для каждого случая коэффициент сопротивления по длине  $\lambda$  [5]:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{\Delta_{\text{э}}}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{Re} \right)^{0,25} \quad (1)$$

где  $\Delta_{\text{э}}$  – эквивалентная шероховатость,  $d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр трубопровода,  $Re$  – число Рейнольдса.

Далее определяются потери напора по длине водовода и пропускная способность при использовании обледенения. Результаты расчета коэффициента сопротивления по длине  $\lambda$ , потерь напора и пропускной способности водопровода, работающего по обычной и новой технологии с внутренним обледенением труб, приведены в таблице 1 [4].

Из таблицы 1 следует, что коэффициент сопротивления по длине  $\lambda$  при работе трубопровода с внутритрубным обледенением уменьшается на 44 %, потери напора на 39 %, а пропускная способность максимально увеличивается на 27 %.

Таблица 1

## Сравнение параметров работы водовода

Показатели	Трубопровод без обледенения	Трубопровод с обледенением	Превышение
Эквивалентная шероховатость $\Delta_z$ , мм	1,2	0,01	120 раз
Коэффициент сопротивления по длине $\lambda$	0,027	0,015	44%
Потери напора, $h_w$ , м	37,39	22,84	39%
Пропускная способность	99,0	125,6	27%

Для оценки степени снижения затрат на подогрев воды в режиме внутритрубного обледенения используем формулу взаимосвязи температуры воды в начальной и конечной точке трубопровода, зная коэффициент теплопередачи трубы  $K_T$ , длину трубопровода  $l$ , удельную теплопроводность воды  $c$  и весовой расход жидкости в трубопроводе  $G$ :

$$\frac{(t_{\text{нач}} - t_{\text{возд}})}{(t_{\text{кон}} - t_{\text{возд}})} = \exp \frac{K_T \cdot \pi \cdot l}{c \cdot G} \quad (2)$$

где  $t_{\text{возд}}$  – расчетная температура наружного воздуха, °С,  $K_T$  – линейный коэффициент теплопередачи трубы, ккал/ м·ч·°С;

$$K_T = \frac{1}{\ln \frac{d_2}{d_1} / 2\lambda + 1/\alpha_2 \cdot d_2} \quad (3)$$

где  $d_2$  – наружный диаметр трубы, м, с учетом толщины теплоизоляции,  $d_1$  – внутренний диаметр трубы, м,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности теплоизоляции из минеральной ваты,  $\alpha_2$  – коэффициент теплопередачи на наружной поверхности трубы, ккал/ м·ч·°С;

$$\alpha_2 = \exp(1,08 + 0,6 \cdot \ln v - 0,4 \cdot \ln d_2) \quad (4)$$

где  $v$  – скорость ветра, м/с,  $l$  – длина водовода, м,  $c$  – удельная теплоемкость воды, ккал/ кг·°С,  $G$  – весовой расход жидкости в трубопроводе, кг/ч, поскольку расход составляет 99 л/с, тогда  $G = 356,4 \cdot 10^3$  кг/ч.

Как упоминалось выше, температура транспортируемой воды для данного примера в конечной точке водовода должна приниматься равной  $t_{\text{кон}} = + 5$  °С (для случая работы в обычном режиме). Для того, чтобы в трубе образовался слой льда, температуру воды нужно поддерживать в пределах +0,1–0,2 °С, т. е. для случая внутритрубного обледенения принимаем  $t_{\text{кон}} = + 0,1$  °С.

Вычисляя по формуле (2) температуру воды в начальной точке и зная температуру воды в источнике (например, +2 °С), находим необходимую температуру подогрева воды для каждого случая, необходимое для этого количество теплоты и расход топлива за сутки и в месяц при эксплуатации трубопровода по обычной технологии и с учетом внутритрубного обледенения. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Оценка эффективности работы водовода**

Наименование показателя	Режим работы водовода	
	Без обледенения	С внутритрубным обледенением
Температура воды в конечной точке водовода, $t_{\text{кон}}$ , °С	5	0,1
Температура воды в начальной точке водовода, $t_{\text{нач}}$ , °С	12,2	6,5
Температура подогрева воды	10,2	4,5
Количество тепла, необходимое для подогрева воды, $Q_{\text{т}}$ , ккал/сут	$86\ 852 \cdot 10^3$	$38\ 280 \cdot 10^3$



Окончание табл. 2

Наименование показателя	Режим работы водовода	
	Без обледенения	С внутритрубным обледенением
Суточный расход топлива, $B_{сут}$ , т/сут	42,7	18,8
Месячный расход топлива, $B_{мес}$ , т/мес	1281	564
Экономия топлива, т/мес	–	717

Таким образом, как следует из таблицы 2, применение новой технологии с внутренним обледенением трубопровода дает существенную экономию топлива. Для данного примера она составляет почти 24 тонны в день и почти 720 тонн в месяц, не считая экономии электроэнергии на транспортирование воды.

### Благодарности

Настоящая статья опубликована при поддержке Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» инициативных научных работ, выполняемых студенческими научными коллективами.

### Литература

- СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02.-84\*.
- Терехов Л. Д., Акимов О. В., Акимова Ю. М. Назначение оптимальной толщины теплоизоляции водовода. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2009. № 3 (39). С. 180–183.
- Терехов Л. Д., Петров В. М., Акимов О. В. Продолжительность безопасной остановки движения воды в трубопроводе в зимний период. // Водные ресурсы – основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке. Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 389–393.
- Твардовская Е. А., Терехов Л. Д. Определение оптимальной степени обледенения трубопровода, обеспечивающей увеличение пропускной способности //

Транспорт: проблемы, идеи, перспективы, сборник трудов LXXXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2021. С. 353–357.

5. Курганов А. М., Федоров Н. Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л. : Стройиздат. Ленинград отделение. 1973. 408 с.

6. Сравнительная оценка величин потерь напора для обоснования выбора материала труб разных полимерных материалов. // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2018. № 9(129). С. 44–48.

УДК 628.16

Беляева Дарья Андреевна,

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

E-mail: belkadarya@gmail.com

Belyaeva Daria Andreevna,

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: belkadarya@gmail.com

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИОНИЗАЦИИ СЕРЕБРА КАК СПОСОБА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАСЕЙНАХ**

### **EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF SILVER IONIZATION AS A METHOD FOR WATER DISINFECTION IN SWIMMING POOLS**

В статье сформулирована проблема обеспечения дезинфекционного режима в плавательных бассейнах. Был проведен анализ и сравнение различных методов обеззараживания воды с учетом озвученной проблемы, в ходе которого выявлено и обосновано значительное преимущество олигодинамических растворов, в частности растворов на основе серебра, перед иными небезопасными для организма человека способами обеззараживания воды, в основе которых сильнодействующие химически-опасные препараты. Проведен анализ гигиенической надежности и безопасности дезинфицирующих растворов с помощью ионизации серебра для обеспечения оптимальных условий занятий плаванием пользователей бассейнов.

*Ключевые слова:* обеззараживание воды, ионизация воды, олигодинамический раствор, плавательные бассейны, водоподготовка, безопасность.

The article formulates the problem of ensuring the disinfection regime in swimming pools. An analysis and comparison of various methods of water disinfection was carried out, taking into account the voiced problem, during which a significant advantage of oligodynamic solutions, in particular solutions based on silver, was identified and justified over other methods of water disinfection that are unsafe for the human body, based on potent chemically hazardous drugs. An analysis of the hygienic reliability and safety of disinfectant solutions using silver ionization was carried out to ensure optimal conditions for swimming pool users.

*Keywords:* water disinfection, ionization of water, oligodynamic solution, swimming pools, water treatment, safety.

Новые экономические и социальные отношения в стране, появление новых технологий и промышленного оборудования, изменения в стратегии и тактике санитарного надзора ставят перед отечественной гигиенической наукой новые задачи. И, в частности, задачу прогнозирования и оценки «гигиенической надежности».

Проблема обеспечения дезинфекционного режима в бассейнах, обеспечения их безвредной водой, создания благоприятных условий для здоровья пользователей становится все более актуальной и формирует особый подраздел в коммунальной гигиене.

Исследования, проводившиеся за рубежом, показали, что каждый посетитель заносит в воду бассейна за 30 минут пребывания в нем до 30 тысяч микроорганизмов [1]. Установлено, что пловец, не прошедший санитарной обработки, вносит в бассейн в 5 раз больше бактерий и в 3 раза больше кишечных палочек. При этом дети младшего возраста загрязняют воду значительно интенсивнее, чем взрослые [2]. Такие факты необходимо принимать во внимание в проектировании бассейнов, их пропускной способности с учетом возраста контингента, режима водообмена, необходимости количества добавочной, чистой воды.

Потому особое внимание в проектировании таких объектов должно быть уделено вопросам выбора способа водоподготовки. Выбор технологии процесса очистки и водоочистных установок диктуется санитарно-гигиеническими требованиями, предъявляемыми к воде плавательного бассейна, размерами насосно-фильтровальной станции, объемом ванны бассейна, качеством исходной воды, технико-экономическими показателями и другими параметрами.

Традиционные методы обеззараживания воды хлором и его производными обладают целым рядом общеизвестных негативных свойств. К ним можно отнести sensibilizing действие, раздражение слизистых дыхательных путей, глаз, опасность отравления при аварийных ситуациях (передозировка). Особую актуальность представляют процессы химической трансформации (реакции) содержащихся в воде веществ: образуются галогеноформные органические соединения, которые являются опасными для здоровья человека. Применение нетрадиционных реагентных

методов, например, озонирования приводит к побочным эффектам – накоплению в воде продуктов сжигания химических веществ с возможным образованием диоксинов иных токсичных веществ.

Проблему обеспечения гигиенической надежности и безопасности плавательных бассейнов в целом, усугубляет несовершенство санитарных документов. Так, в СП 2.1.3678-20 [3] в пункте 6.2.25 указаны требования к содержанию химических веществ (свободный хлор и озон) в зоне дыхания пловцов. Эти требования не учитывают, что практически все средства дезинфекции в воде подвергаются трансформации с образованием как более, так и менее опасных ингредиентов. При этом многие реагенты могут содержать или вызывать образование вредных примесей гораздо более опасных, чем сами средства дезинфекции. Кроме того, что предельно-допустимые концентрации большинства химических дезинфицирующих веществ установлены без учета комплексного действия – без учета путей их поступления в организм (пероральный, перкутанный, ингаляционный, трансмутантный).

По результатам исследования качества обеззараживания воды и дезинфекции препаратами хлора [4] в 15 общественных закрытых плавательных бассейнах Москвы делается вывод об отсутствии эпидемической значимой информативности нормируемых индикаторных показателей в отношении возбудителей грибковых заболеваний, а также несоответствие существующих рекомендаций по проведению дезинфекционных мероприятий требованиям санитарно-эпидемиологической безопасности посетителей.

По результатам анализа литературных источников [5] и экспериментальных данных при применении химических реактивов на основе хлора: «Хлорификс» (Германия), стабилизирующий хлор СТХ-250 (Испания) и «Хлоритекс» (Россия), подтверждено негативное влияние на людей, образующегося при дезинфекции паров хлороформа. Существует возможность вредного влияния химического состава воды на организм человека, в том числе раздражающего действия на слизистые оболочки, кожу и интоксикации при поступлении вредных веществ во время дыхания, через неповрежденную кожу и при заглатывании воды. Существует также

вероятность заражения заболеваниями инфекционной природы, которые могут передаваться через воду плавательных бассейнов.

На этом фоне применение в водоподготовке олигодинамических растворов выглядит весьма перспективно. Олигодинамическое действие – это действие очень малых концентраций положительных ионов на биологические объекты [6]. Практически, это токсическое воздействие ионов металлов на живые клетки, водоросли, плесень, споры, грибы, вирусы, прокариотные и эукариотные микроорганизмы, даже в относительно малых концентрациях [7].

Обсуждаемое антимикробное действие демонстрируют ионы ртути, серебра, меди, железа, свинца, цинка, висмута, золота, алюминия и других металлов. Механизм обсуждаемого явления до сих пор полностью не расшифрован, но оно уже широко используется: от бытовой сферы до космической медицины (в частности серебро, находит применение для предотвращения порчи запасов воды в условиях длительного космического полета).

По оценке эффективности применения электролизных и электрохимически активизированных дезинфицирующих растворов в плавательных бассейнах [8] утверждается, что для организации санитарно-гигиенического режима и оптимизации условий оздоровления в плавательных бассейнах, целесообразнее применять дезинфекционные растворы, получаемые электролизным и/или электрохимическим способом, вместо традиционных химических средств.

Диссертация В. И. Токарева [9] посвященная технологиям обеззараживания питьевой воды ионами серебра, доказывает, что это наиболее перспективный способ обработки воды. Он позволяет добиться высокого качества воды даже без использования сильнодействующих химических препаратов или свести их количество к минимуму. Результаты отличаются высокой антимикробной эффективностью, экономичностью в применении, что открывает широкие перспективы для распространения. Поэтому, в настоящее время все большее применение находят методы обеззараживания воды, подаваемой в бассейн с помощью растворов ионов серебра и меди. Так, в Германии с 1981 г. работает международная

Компания «Nescon GmbH». Фирма предоставляет широкий выбор оборудования для подготовки воды в бассейнах и бытового потребления, ведет работы по разработке уникальной экономически обоснованной системы водоподготовки, с тем чтобы полностью отказаться от использования химических реагентов. На этом же рынке работает фирма «Акон» предлагающая специальные установки «Silver Pro», которые используют ионы серебра и меди для получения обеззараженной воды.

Механизм влияния серебра на микробную клетку [10, 11] заключен в том, что серебро в водной среде образует коллоидный раствор, в котором мельчайшие частицы коллоида блокируют дыхательные ферменты клеток, при помощи которых бактерии обеспечивают свою жизнедеятельность. То есть коллоидное серебро не является препаратом, которое убивает бактерии, а оно способствует медленному отмиранию бактерий и снижает их возможность к репродукции, создавая среду, которая делает невозможным выживание и размножение болезнетворных микроорганизмов. При этом, выполняя свои функции, серебро не истощается, а продолжает работать вновь и вновь.

Следует отметить, что коллоидное серебро является абсолютно безопасным для человека, рептилий, растений и всех многоклеточных живых существ. Проблемы передозировки для посетителей бассейна не существует. Так, у 987 больных, получавших суточные дозы растворенного серебра (1 чайная ложка в день) не отмечено ни одного случая аргирии (хронического отравления) [12]. В гигиене и физиологии труда применение олигодинамических растворов показано в санитарно-курортном лечении, в реабилитирующих мероприятиях для представителей наиболее вредных и опасных профессий (например, аппаратчики и операторы нефтепереработки и нефтехимии, работники металлургических предприятий) за счет их способности к общему оздоравливающему эффекту.

Краткий анализ литературных источников и упомянутых исследований убеждает в гигиенической ценности и преимуществах применения олигодинамических растворов на основе ионов серебра

в подготовке воды для плавательных бассейнов перед дезинфекцией воды препаратами хлора и озонированием.

### Литература

1. *Кортес А. Р.* Бассейны и пруды. Строительство, эксплуатация, уход, очистка воды, новые технологии и решения – М. : Аделант, 1999. – 192 с.
2. Ионный обмен: сборник статей / ред.: Ф. М. Наход, К. В. Чмутов. – Москва: Изд-во иностранной литературы, 1951. – 390 с.
3. 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), 18.03.2023.
4. Оценка информативности индикаторных показателей санитарно-эпидемиологической безопасности плавательных бассейнов / Синицына О. О., Задиран А. В., Артемова [и др.]. // Гигиена и санитария. – 2012 – № 5 – С. 84–87.
5. *Каратаев О. Р.* Сравнительная оценка хлорирующих препаратов при обработке воды плавательных бассейнов // Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета – 2009 – № 1(11) – С. 221–225.
6. *Карумидзе С. А.* Основы химической защиты растений. – М., 196. – 272 с.
7. Ионный обмен: сборник статей / ред.: Ф. М. Наход, К. В. Чмутов. – Москва: Изд-во иностранной литературы, 1951. – 390 с.
8. *Черкасова О. А.* Экономическая эффективность применения электролизных и электрохимически активированных дезинфицирующих растворов в плавательных бассейнах. – Вестник Витебского государственного медицинского университета – 2008 – том. 7 – № 2 – с. 1–14.
9. *Серафинович Л. П.* Теоретические основы проектирования, производства и надежности электронно-вычислительных систем. Статистическая обработка опытных данных. – Томск: Факультет дистанционного обучения ТУСУР, 2012. – 111 с.
10. Доливо-Добровольский Л. Б. Микробиологические процессы очистки воды / Л. Б. Доливо-Добровольский, Л. А. Кульский, В. Ф. Накорчевская – М. : Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР 1958 г. – 182 с.
11. Микробиология очистки воды / М. Н. Ротмистров, П. И. Гвоздяк, С. С. Ставская. – Киев: Наукова думка, 1978. – 267 с.
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). – Pp. 19–29.



**УДК 628.1**

*Смирнов Вячеслав Александрович,*  
студент

*Главчук Светлана Алексеевна,*  
ст. преподаватель  
(Вологодский государственный  
университет)

*E-mail: smirnovv3chesl4v@yandex.com,*  
*glavchuk54@mail.ru*

*Smirnov Vyacheslav Alexandrovich,*  
student

*Glavchuk Svetlana Alekseevna,*  
senior lecturer  
(Vologda State  
University)

*E-mail: smirnovv3chesl4v@yandex.com,*  
*glavchuk54@mail.ru*

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИБКОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ  
ОЧИСТКИ ВОДЫ**

**NEW TECHNOLOGIES FOR FLEXIBLE CONTROL  
OF WATER PURIFICATION PROCESSES**

В настоящее время обесцвечивание воды на территории Вологодской области осуществляется на трех традиционных технологических схемах сооружений. Эти схемы приведены ниже в статье.

В Вологодском государственном университете разработана технология гибкого управления процессами очистки воды, основанная на использовании новых методов седиментационного экспресс- анализа взвеси в воде. По нашему мнению применение этой технологии позволит получать необходимые результаты (седиментационные кривые) в автоматическом режиме в течение коротких промежутков времени (от нескольких секунд до двух минут в зависимости от требуемой точности).

*Ключевые слова:* седиментация, коагуляция, седиментационный анализ, очистка воды, экспресс-анализ, обесцвечивание, доза коагулянта, осаждение, взвешенные вещества.

Currently, water discoloration on the territory of the Vologda Region is carried out on three traditional technological schemes of structures. These schemes are given below in the article.

Vologda State University has developed a technology for flexible control of water purification processes based on the use of new methods of sedimentation express analysis of suspended matter in water. In our opinion, the use of this technology will allow obtaining the necessary results (sedimentation curves) in automatic mode for short periods of time (from a few seconds to two minutes, depending

on the required accuracy). Keywords: sedimentation, coagulation, sedimentation analysis, water purification, rapid analysis, discoloration, coagulant dose, precipitation, suspended solids.

*Keywords:* sedimentation, coagulation, sedimentation analysis, water purification, rapid analysis, discoloration, coagulant dose, precipitation, suspended solids.

Поверхностные воды в большинстве водоемов Северо-Запада Европейской части России, а также других регионов относятся к маломутным, высокоцветным. Основным технологическим процессом, обеспечивающим обесцвечивание природной воды, является процесс коагуляции.

Коагуляция – это сложный физико-химический процесс, эффективность которого зависит от многих факторов. Основными из них являются:

1. Правильный выбор вида коагулянта и вспомогательных реагентов.
2. Правильный выбор дозы коагулянта.
3. Оперативное управление ходом процесса коагуляции.
4. Надежный и непрерывный контроль за ходом процесса коагуляции.

При визуальном наблюдении нормальный процесс коагуляции состоит из четырех этапов:

- помутнение;
- образование мелких хлопьев;
- образование крупных хлопьев;
- осаждение.

В соответствии с теоретическими основами процессов коагуляции для удаления коллоидных частиц, обуславливающих цветность воды, необходимо уменьшить их дзета-потенциал. Тогда, вследствие уменьшения отталкивающих сил при неизбежных в процессе Броуновского движения столкновениях частиц, происходит их слипание сначала в мелкие хлопья, затем с увеличением массы частиц образуются крупные хлопья, которые притягивают к себе мелкие частицы. Образовавшиеся агрегаты из хлопьев способны под действием силы тяжести оседать на дно сооружения (выпа-

дать в осадок). Таким образом, процесс коагуляции обеспечивает изменение гранулометрического состава хлопьев [1].

В настоящее время обесцвечивание воды на территории Вологодской области осуществляется на трех традиционных технологических схемах сооружений.

1. Схема с камерами хлопьеобразования и отстойниками (используется в городах Вологда, Сокол и др.). Эта схема содержит:

- а – барабанные сетки (или микрофильтры);
- б – смесители;
- в – камеры хлопьеобразования;
- г – отстойники;
- д – скорые фильтры;
- е – резервуары чистой воды;
- ж – реагентное хозяйство.

2. Схема, содержащая осветлители с взвешенным осадком (используется в городах Вологда, Грязовец и др.). Эта схема содержит:

- а – барабанные сетки (или микрофильтры);
- б – смесители;
- в – осветлители со взвешенным осадком;
- г – скорые фильтры;
- д – резервуары чистой воды;
- е – реагентное хозяйство.

3. Схема с контактными осветлителями (город Череповец, поселок Шексна, поселок Надеево и др.). Эта схема содержит:

- а – флотатор (в поселке Надеево)
- б – смесители;
- в – контактные осветлители;
- г – резервуары чистой воды;
- д – реагентное хозяйство.

Данные схемы водоочистки в настоящее время являются практически неуправляемыми, однако, при этом, наилучшие результаты по качеству очищенной воды при наименьшей себестоимости получаются на сооружениях третьей схемы.

При этом, отсутствие контроля за работой указанных сооружений и гибких систем управления вызывает повышение нагрузки

на фильтры, которые должны принимать воду после отстойников с цветностью не более 20 градусов ПКШ.

Для решения указанных выше проблем в ВоГУ разработана технология гибкого управления процессами очистки воды, основанная на использовании новых методов седиментационного экспресс – анализа взвеси в воде [2]. По нашему мнению применение этой технологии позволит решить указанную выше проблему. В частности, имеется возможность получать необходимые результаты (седиментационные кривые) в автоматическом режиме в течение коротких промежутков времени (от нескольких секунд до двух минут в зависимости от требуемой точности).

Основной задачей седиментационного анализа взвеси в нашем случае является определение количества хлопьевидных скоагулированных частиц и получение данных об их распределении в воде по размерам и фракциям. Сущность нового экспресс-метода седиментационного анализа, заключается в непрерывном взвешивании оседающих в воде частиц при наложении на исследуемую среду постоянного электрического поля и сводится к определению скорости накопления осадка на чашке весов. По результатам опыта строится кривая осаждения (кривая зависимости массы осадка от времени)  $P = f(t)$ , где  $P$  – масса осадка, накопившегося на чашке во времени  $t$  в % от общей массы частицы в объеме над чашкой весов.

Зависимость  $P = f(t)$  позволяет определить дисперсный состав взвеси, а также характерную гидравлическую крупность (показано на рис. 1). Это можно сделать, задавая требуемым эффектом удаления взвешенных веществ.

Седиментационный анализ позволяет также получать кривые распределения частиц взвеси по фракциям (интегральную  $P = f(R)$  и дифференциальную  $\Delta P = f(\Delta R)$ , кривые распределения частиц по их размерам (см. рис. 2). Из дифференциальной кривой можно найти наиболее вероятный радиус частиц в данной полидисперсной взвешенной системе.

Как известно, укрупнение частиц должно происходить в камере хлопьеобразования или в порах загрузки контактных осветлителей. Чтобы выяснить идет ли образование хлопьев необходимо перио-

дически получать седиментационные кривые, по которым определяются характерные размеры частиц (гидравлическая крупность).



Рис. 1. Пример седиментационной кривой  $P = f(t)$



Рис. 2. Пример седиментационной кривой  $P = f(u)$

**Литература**

1. *Оводов В. С.* Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение. – 3-е изд., перераб. И доп. – М. : Колос, 1984. – 480 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

2. *Чудновский С. М., Главчук С. А., Одинцов В. В.* Применение экспресс – контроля гидравлической крупности взвеси для гибкого управления процессами осветления и обесцвечивания воды. Материалы XIV международной научно – практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» 20–21 февраля 2018 г. North Charleston, USA. Том 1, с. 81–84.

3. Устройство для анализа воды. Патент на изобретение № 2132049, Опубл. 20.06.99. Бюл. № 17. Авторы: Чудновский С. М., Главчук С. А., Позднякова М. Н., Львов Ю. В.

4. *Чудновский С. М., Главчук С. А., Одинцов В. В.* Применение экспресс – контроля гидравлической крупности взвеси для гибкого управления процессами осветления и обесцвечивания воды. Материалы XIV международной научно – практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» 20–21 февраля 2018 г. North Charleston, USA. Том 1, с. 81–84.

**УДК 628.2**

*Юй Шуайсянь,*

аспирант

*Федоров Святослав Викторович,*

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: yshuaixian@mail.ru,*

*svyatoslavfedorov@mail.ru*

*Yu Shuaixian,*

postgraduate student

*Fedorov Svyatoslav Viktorovich,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: yshuaixian@mail.ru,*

*svyatoslavfedorov@mail.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХУРОВНЕВОГО ТОНКОСЛОЙНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

### **STUDY OF TWO-LEVEL THIN-LAYER MODULE FOR WASTE WATER TREATMENT OF PULP AND PAPER INDUSTRY**

В этой статье рассматриваются характеристики нового двухслойного отстойника с наклонными пластинами для очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства в комплексном очистном сооружении. Целью работы является исследование режима работы отстойника с двухслойными наклонными пластинами, а также анализ эффективности удаления взвешенных веществ стоков с помощью математического моделирования в программе ANSYS FLUENT. Размер отстойника в данном случае был рассчитан в соответствии с суточным объемом очищаемых сточных вод. Моделирование показывает, что эффективность осаждения в отстойнике с двухслойными наклонными пластинами способна достигать 91,57 %, что является весьма хорошим результатом для данного типа сточных вод.

*Ключевые слова:* целлюлозно-бумажного производство, тонкослойный модуль, ANSYS FLUENT, эффективность отстаивания.

In this paper the characteristics of a new two-layer settling tank with inclined plates for pulp and paper production wastewater treatment in a comprehensive wastewater treatment plant are discussed. The aim of the paper is to investigate the operating mode of a two-layer slanted plate settler as well as to analyze the efficiency of suspended solids removal in the effluent by means of mathematical modeling

in the ANSYS FLUENT program. The size of the settling tank in this case was calculated according to the daily volume of wastewater to be treated. The simulation shows that the sedimentation efficiency in a two-layer sloped plate sedimentation tank can reach 91.57 %, which is a very good result for this type of wastewater.

*Keywords:* paper and pulp production, thin-layer module, ANSYS FLUENT, sedimentation efficiency.

Целлюлозно-бумажная промышленность занимает важное место в производстве Китая. Сточные воды содержат органические загрязнения с высокой концентрацией, а также очень мелкие взвешенные порошки, растворенные твердые вещества, ионные соединения металлов и другие примеси [1].

Осаждение этих частиц становится сложной задачей вследствие их крайне малого размера и наличия отталкивающих зарядов на их поверхности [2]. Используемый в настоящее время метод обычно представляет собой комплексное очистное сооружение, предусматривающее процесс флокуляции, отстаивания и фильтрации, позволяющее удалить твердые частицы из сточных вод.

После флокуляции размер частиц в сточных водах увеличивается и обычно составляет от 50 мкм до 300 мкм [3], поэтому в этой статье рассматриваются частицы из данного диапазона для изучения эффективности осаждения с помощью моделирования.

## **Методы**

В этой статье предлагается новая конструкция тонкослойного модуля, которая представляет собой двухуровневый модуль, который располагается в секции отстаивания комплексного очистного сооружения (рис. 1). В уровнях пластины сориентированы в противоположном направлении относительно друг друга, что обеспечивает поворот потока воды внутри модуля. Угол наклона пластин составляет  $60^\circ$ , а полная высота тонкослойного модуля составляет 1500 мм [4].



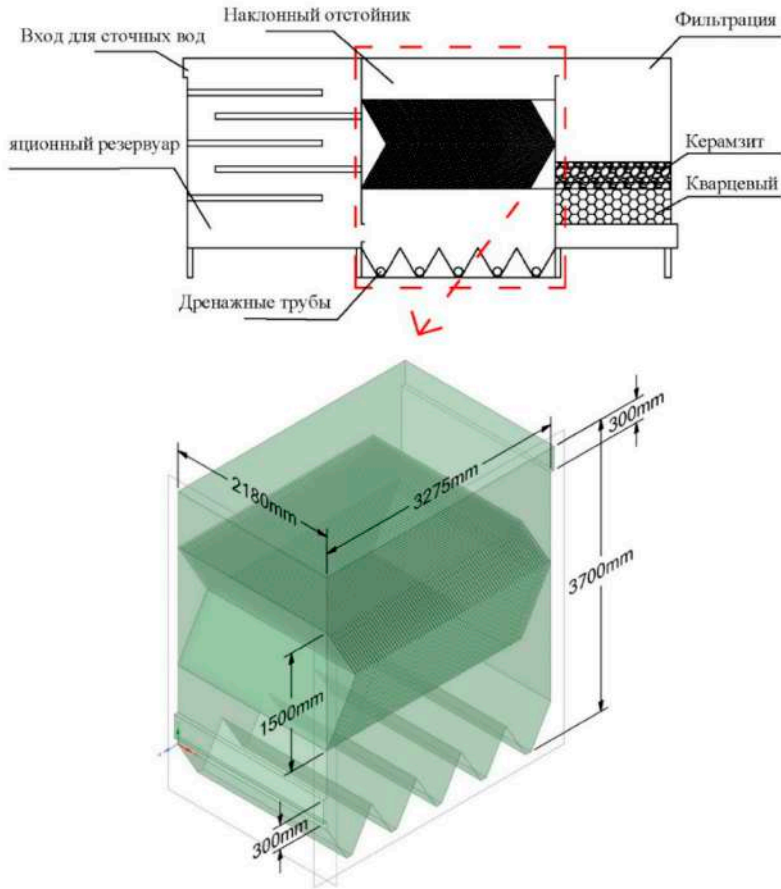


Рис. 1. Конструкция тонкослойного модуля

Для исследования эффективности осаждения была создана модель в программе ANSYS FLUENT. Размеры модели соответствовали размерам реального отстойника, чтобы приблизиться к условиям реального процесса осаждения. В модели использовались расчетные зависимости [5] для определения качества расчетной

сетки с учетом скорости движения потока в тонкослойном модуле. Размер ячейки в зоне межпластиночного пространства составил – 50 мм.

На рис. 2 показаны граничные условия, принятые при моделировании.

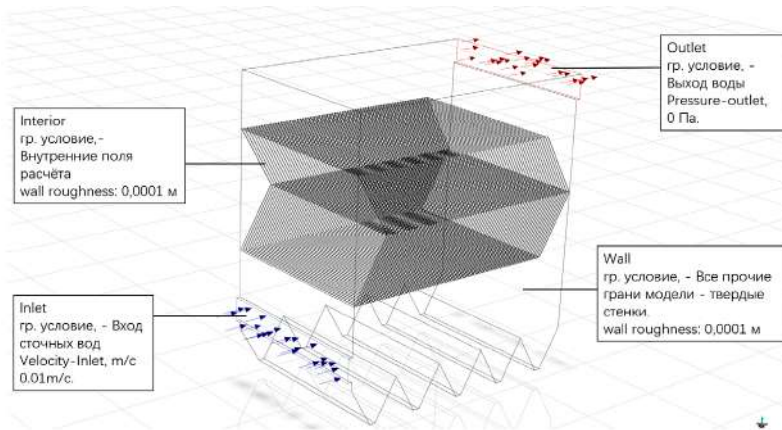


Рис. 2. Граничные условия

В модели учитывался эффект гравитации, и сила тяжести была принята равной  $9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ .

Основная жидкая фаза выбрана из библиотеки материалов как waterliquid, которая имеет плотность  $998,2 \text{ кг}/\text{м}^3$  и вязкость  $0,001003 \text{ кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$ .

Создан второй материал твердой фазы, названный floc, который имеет плотность  $1100 \text{ кг}/\text{м}^3$  и вязкость частиц  $0,02001 \text{ кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$ . [6]

Для управления сопротивлением между твердой и жидкой фазами использовался метод Schiller-Naumann, а для управления скоростью скольжения между фазами (Slip Velocity) – метод Manninen-et-al.

Для того чтобы расчеты в программе были приближены к реальной ситуации, модель настроена таким образом, что частицы прилипали при столкновении со стенками или дном отстойника [7].

Для получения точных данных об эффективности отстойника 76 500 частиц сточных вод размером от 50 до 300 микрон были выпущены из входного отверстия отстойника и количество удаленных частиц, а также диаметр частиц были подсчитаны для получения данных об эффективности отстойника. В ходе моделирования в расчетной области осуществляется смешивание воды с взвешенными частицами. В поток воды вводится определенное количество частиц  $N = 76500$ . (Частицы размером от 50 мкм до 300 мкм разделяются на 10 фракций). В результате чего получается концентрация загрязнения на входе равная  $C = 1068,8 \text{ кг/м}^3$ .

### Результаты

В результате моделирования были получены траектории частиц и поле скорости после наступления установившегося движения, что позволило увидеть картину движения потока в сооружении и осаждения твердых частиц в отстойнике с двухслойной наклонной пластиной. На рис. 3 а – показана концентрация и траектории взвешенных частиц в потоке воды. На рис. 3 б – отражается скорость движения частиц внутри отстойника.

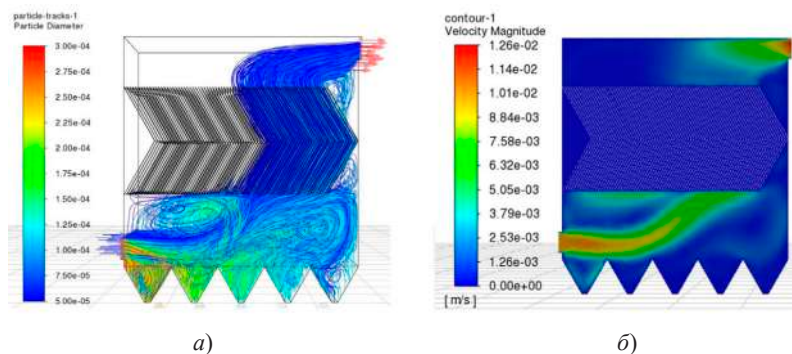


Рис. 3. Распределение частиц в отстойнике

Как показано на рисунке, большая часть частиц распределена в зоне прямка отстойника. Концентрация и скорость частиц в зоне чистой воды над тонкослойным модулем значительно ниже,

чем в зоне расположения приемка. Отметим, что после прохождения потока через тонкослойный модуль большая часть частиц подвергается свободному осаждению и только малая часть частиц выходит из отстойника вместе со сточной водой. Между пластинами модуля наблюдается линейное движение потока, обеспечивающее ламинарный режим движения, что способствует свободному осаждению частиц.

С помощью отслеживания траектории частиц было определено, что из общего количество запущенных в отстойник (76 500), осела большая часть, которая равна 70 050 частицам. На рис. 4 показаны диапазоны диаметров и число удаленных частиц в отстойнике. Эффективность осаждения в данном случае составила 91 %.

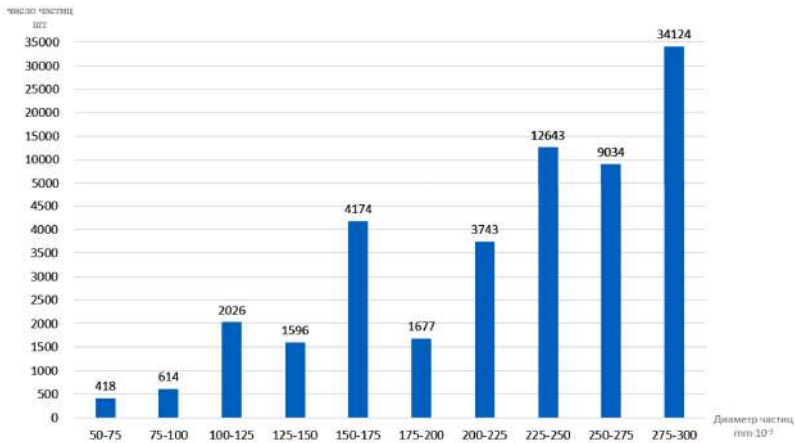


Рис. 4. Распределение диаметра удаления частиц в отстойниках

Результаты расчетов частиц показывают, что отстойник с двухслойными пластинами имеет лучший эффект по удалению частиц диаметром 225 микрон и более.

## Вывод

В этой статье с помощью численного моделирования CFD моделируется процесс удаления взвешенных частиц из сточных вод

целлюлозно-бумажного производства с помощью отстойника с двухуровневым тонкослойным модулем. Данная конструкция обеспечивает высокий эффект осаждения частиц диаметром 225 микрон и более. С помощью моделирования потока внутри отстойника получены поле скоростей и концентрация частиц внутри сооружения, позволяющие оценить эффективность работы тонкослойного модуля. Новая конструкция тонкослойного модуля обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими вариантами и поэтому может быть рекомендована для использования на очистных сооружениях.

### Литература

1. LIU Tingzhi, DUAN Xilei, DUAN Weijiang, et al. Adsorption & Flocculation Treatment of Low Concentration Waste Water of Pulp & Paper Mills by Bentonite [J]. *China Pulp & Paper*, 2010, 29 (1) : 43.
2. DIVAKARAN R, SIVASANKARA PILLAI V N. Flocculation of kaolinite suspensions in water by chitosan [J]. *Water Research*, 2001, 35 (16) : 3904.
3. CHENG Lin. Research progress of paper wastewater treatment technology [J]. *Chemical Engineer*, 2021, 35(05): 60–62. DOI:10.16247/j.cnki.23-1171/tq.20210560/
4. WANG Yilin, MA Lishan, WANG Qiang, YANG Guoli, FAN Shuming, CHEN Enhan. CFD-based simulation study of hydraulic characteristics of inclined plate sedimentation tank [J]. *Journal of Hebei College of Construction Engineering*, 2021 г., 39(04) : 121–128.
5. Лю С. Исследование усовершенствованного типа тонкослойного модуля / С. Лю, С. В. Федоров, В. П. Верхотуров // *Вестник гражданских инженеров*. – 2022 г. – № 5(94). – С. 83–90. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-5-83-90. – EDN QSXKQG.
6. LIU Cun. CFD-based optimization design and operation study of inclined plate sedimentation tank and water distribution channel [D]. Chongqing University, 2019. DOI:10.27670/d.cnki.gcqdu.2019.001776/
7. WANG Yilin. Numerical simulation study of inclined plate sedimentation tank based on CFD [D]. Hebei Institute of Construction Engineering, 2022. DOI:10.27870/d.cnki.ghbjz.2022.000033/

УДК 628.2

Чжан Ифэй,

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: zyf757704382@163.com

Zhang Yifei,

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: zyf757704382@163.com

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ANSYS ДЛЯ ПРОВЕРКИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕПАДНОЙ ШАХТЫ

### USING ANSYS SIMULATION TO VERIFY A NEW DROP SHAFT DESIGN

В статье рассматривается новая конструкция перепадной шахты, которая обеспечивает возможность генерации энергии в результате падения потока сточных вод. В качестве генераторов электроэнергии предлагается применение открытых колес по высоте перепадной шахты. Для концентрации и уменьшения разбрызгивания потока по середине шахты устраивается направляющее перекрытие. Для оценки гидравлических характеристик формирующегося в данных условиях потока выполняется моделирование в программе ANSYS FLUENT. Результаты показывают, что новая конфигурация перепадной шахты обладает хорошей пропускной способностью и позволяет получать кинетическую энергию, необходимую для выработки электроэнергии. Представленное техническое решение может быть реализовано в городской системе канализации.

*Ключевые слова:* ansys fluent, канализация, перепадная шахта, генерация электроэнергии.

The article discusses a new design of a differential shaft, which provides the possibility of generating energy as a result of a fall in the flow of wastewater. As power generators, it is proposed to use open wheels along the height of the drop shaft. To concentrate and reduce the splashing of the flow, a guide overlap is arranged in the middle of the shaft. To evaluate the hydraulic characteristics of the flow formed under these conditions, simulations are performed in the ANSYS FLUENT program. The results show that the new differential shaft configuration has good capacity and provides the kinetic energy needed to generate electricity. The presented technical solution can be implemented in the city sewerage system.

*Keywords:* ansys fluent, sewerage, drop shaft, electricity generation.

Жизнь в крупных городах обычно сопряжена с потреблением большого количества электроэнергии. Актуальным вопросом в современном мире является поиск альтернативных источников энергии. С этой точки зрения большой интерес представляют магистральные сети канализационной системы. На таких системах, как правило, присутствуют перепадные шахты, обусловленные подключением районных коллекторов, а также другими конструктивными особенностями системы. За счет падения большого расхода сточных вод высвобождается значительное количество энергии, которое в существующих конструкциях перепадных шахт в основном приводит к быстрому разрушению водобойного колодца [1].

Для уменьшения воздействия водного потока на строительные конструкции шахты и генерации электроэнергии за счет падающего потока разработана следующая конструкция (рис. 1). Технология работы перепадной шахты предполагает поступление потока воды по подводящему трубопроводу 1 [2]. Далее вода попадает в вертикальный тройник 7, по которому сосредоточенно направляется в вертикальном направлении на открытое колесо 3. Падение жидкости на колесо вызывает его вращение и выработку электроэнергии. При этом открытый тип исключает скопление отходов и забивание конструкции [3]. Высота перепадных шахт может быть достаточно большой, поэтому этот фактор можно использовать для устройства дополнительных колес 3. Однако в конструкции шахты необходимо предусмотреть устройство, обеспечивающее сбор потока, который имеет значительное разбрызгивание после контакта с первым колесо. Для этого предусматривается направляющее перекрытие – 5. После прохождения потоком ствола перепадной шахты он попадает в водобойный колодец -4 и отводится в трубопровод – 6.

В данной статье с помощью моделирования рассматривается работа направляющего перекрытия – 5 для оценки качества сбора падающего потока и его центрирования и проверки гидравлических характеристик новой конструкции перепадной шахты. Моделирование осуществляется в программе ANSYS FLUENT.

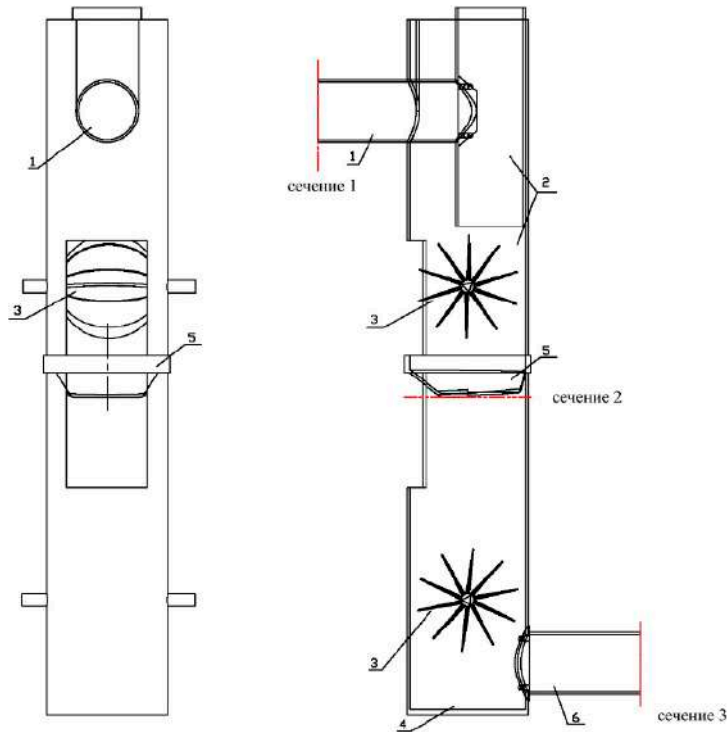


Рис. 1. Конструкция шахты с генераторами электроэнергии

В ходе эксперимента сначала была создана 3D-модель шахты, построена расчетная сетка и заданы граничные условия входного и выходного потока. Для расчета были приняты следующие характеристики: диаметр шахты – 1,0 м; высота шахты – 6,0 м; диаметр подводящего трубопровода – 0,5 м; скорость подходящего потока составляет 0,3 м/с. Моделирование выполнялось за общий период времени – 100 с, с целью достижения установившегося движения в шахте.

В ходе моделирования было получено поле объемной доли водной и воздушной среды, поле давлений и скоростей [4].



На рис. 2 показано поле распределения объемной доли водной и воздушной среды для различных периодов времени, до момента формирования установившегося движения. Руководствуясь полученной гидравлической картиной, можно отметить, что площадь пропускных элементов конструкции достаточна для транспортировки стока.

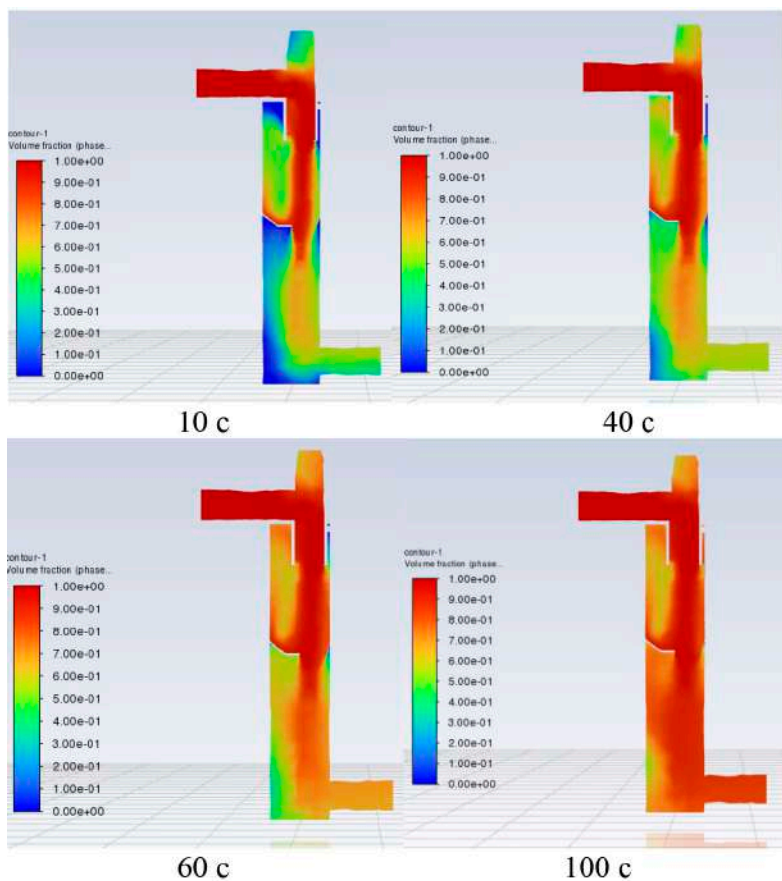


Рис. 2. Поле распределения объемной доли водной и воздушной среды в расчетной области модели в моменты времени: 10 с, 40 с, 60 с, 100 с

Также оценивалось распределение давления (рис. 3) и скорости (рис. 4) во входном сечении 1, в средней части (сечение 2), где располагается направляющее перекрытие и внизу в области водобойного колодца (сечение 3).

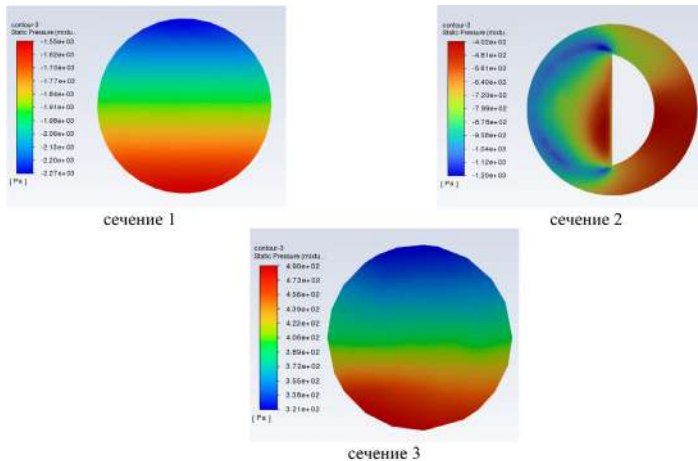


Рис. 3. Поле распределения давления в сечениях 1, 2, 3 (см. рис. 1)

На графиках поля скорости потока через 100 секунд видно (рис. 4), что средняя скорость составляет  $V = 3,2$  м/с, а сосредоточенный поток обладает значительной кинетической энергией. Это может обеспечить хорошие условия для применения модуля выработки электроэнергии.

Полученные результаты подтверждают возможность применения подобной конструкции перепадной шахты. Однако, в этом исследовании анализируются только гидравлические характеристики в заданных условиях, без учета других факторов, таких как свойства материалов, методы строительства и т. д. Будущие исследования могут дополнительно изучить влияние этих факторов на пропускную способность сооружения. Кроме того, в технологию шахты планируется включить модули генерации электроэнергии.

Новая технология перепадной шахты имеет хорошие гидравлические характеристики и заслуживает дальнейшего изучения. В то

же время в последующих исследованиях также необходимо обратить внимание на другие влияющие факторы и добавить модули выработки электроэнергии для проверки осуществимости общей модели. Также следует определить экономическую выгоду, которую может принести данное технологическое решение.

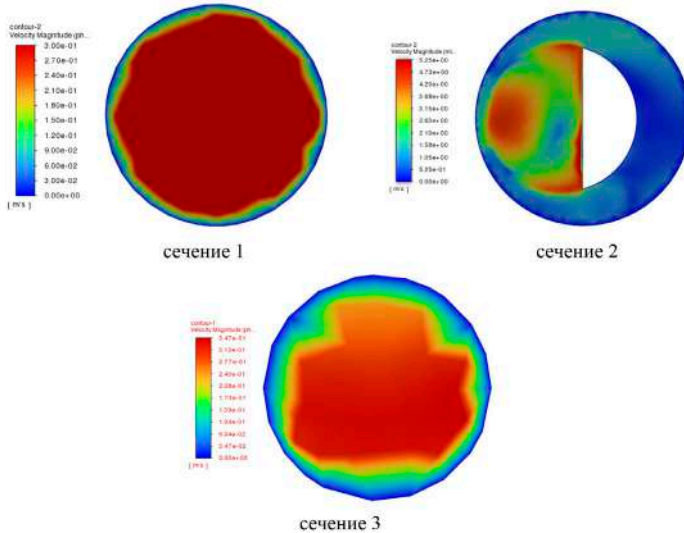


Рис. 4. Поле распределения скорости потока в сечениях 1, 2, 3 (см. рис. 1)

### Литература

1. Han Jingchao, Yu Shijing, Xu Wenzheng, Zhu Yufeng, Zhu Jiaqi / A kind of vertical draining drop well URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/73/f4/fd/eeb343f736b122/CN105369880B.pdf> (дата обращения: 02.03.2016).
2. Зуёков А. Л. Гидродинамика циркуляционных течений: научное издание. – М. : изд-во ABC, 2010. – 216 с.
3. Ханов Н. В. Гидравлика водосбросов с тангенциальными завихрителями: монография. – М. : МГУП, 2003. – 224 с.
4. Chen Wen, Wu Zhangyong, Xu Chuxu, Bian Guangming, Ma Zigang, Dai Long. The structure and energy dissipation design of standpipe drop well based on CFD [J]. software. 2020 (01), Pp. 170–174.

## СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИИ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

---

УДК 332.363

*Аверина Вера Владимировна,*  
студент  
*Соколов Вячеслав Вячеславович,*  
канд. экон. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: averina637@yandex.ru,*  
*sokolovslava@mail.ru*

*Averina Vera Vladimirovna,*  
student  
*Sokolov Vyacheslav Vyacheslavovich,*  
PhD in Sci. Ec., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: averina637@yandex.ru,*  
*sokolovslava@mail.ru*

### ПРАКТИКА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ИЗ ГОСУДАРСТВЕННОЙ И МУНИЦИПАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

### THE PRACTICE OF GRANTING LAND PLOTS FROM STATE AND MUNICIPAL OWNERSHIP IN THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Неосвоенные земли стали стимулом к разработке программ предоставления гектаров как на федеральном уровне, так и на уровне субъекта. Практика складывается таким образом, что участники программ сталкиваются с трудностями в получении земельного участка. Сложности возникают как во время процедуры предоставления, так и после получения заветных гектаров. Также есть примеры позитивной реализации программы. Предлагается рассмотреть опыт предоставления земельных участков по программам Дальневосточного, Арктического, Ленинградского и Вологодского гектаров, проанализировать актуальные проблемы и имеющиеся статистические данные по реализации программ, выявить достоинства и недостатки программ на уровне субъекта путем сравнения Ленинградского и Вологодского гектаров.

*Ключевые слова:* освоение земель, Дальневосточный гектар, Арктический гектар, Ленинградский гектар, Вологодский гектар, предоставление земельных участков.

Undeveloped lands have become an incentive to develop programs for the provision of hectares both at the federal level and at the level of the subject. The prac-

tice develops in such a way that program participants face difficulties in obtaining a land plot. Difficulties arise both during the granting procedure and after receiving the coveted hectares. There are also examples of positive implementation of the program. It is proposed to consider the experience of providing land plots under the programs of the Far Eastern, Arctic, Leningrad and Vologda hectares, analyze current problems and available statistical data on the implementation of programs, identify the advantages and disadvantages of programs at the level of the subject by comparing the Leningrad and Vologda hectares.

*Keywords:* land development, Far Eastern hectare, Arctic hectare, Leningrad hectare, Vologda hectare, provision of land plots.

Характерной особенностью территорий Российской Федерации (далее – РФ) является большое количество неосвоенных земель. Со стороны государства была предложена инициатива разработки программ предоставления гектаров. Инициатива направлена на введение в оборот неиспользуемых земель, привлечение населения и развитие субъектов РФ. Пилотным проектом выступила программа «Дальневосточный гектар» [1]. Результаты реализации проекта послужили импульсом к развитию инициативы со стороны ряда субъектов в разработке таких программ. Например, был принят Закон Вологодской области № 4476-ОЗ «Об особенностях предоставления в собственность гражданам земельных участков из фонда перераспределения земель сельскохозяйственного назначения на территории Вологодской области», который вступил в силу 01.04.2019 г.

Если говорить об общих особенностях государственных программ предоставления гектаров, следует выделить следующее:

1. Предоставление земельного участка осуществляется на безвозмездной основе (бесплатно);
2. Действие программы распространяется на установленный программой перечень территорий субъекта РФ;
3. Программа устанавливает требования к предоставляемому земельному участку (размер участка, вид использования и т. п.) и претендентам на его получение (составление бизнес-плана, наличие гражданства и т. п.).

Рассмотрим федеральные программы предоставления гектаров. Чтобы получить земельный участок по программе «Гектар

на Дальнем Востоке и в Арктике» необходимо воспользоваться ФИС «На Дальний Восток», оператором которой выступает Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр). На март 2023 г. на территории Республики Саха (Якутия) поступило около 30 тысяч заявлений [2]. На рис. 1. представлена статистика по стадиям рассмотрения заявлений. Мы видим, что больше половины претендентов не заключили договор на предоставление земельного участка. Таким образом, приведенная статистика подтверждает наличие существования проблемы в реализации программы «Дальневосточный гектар».

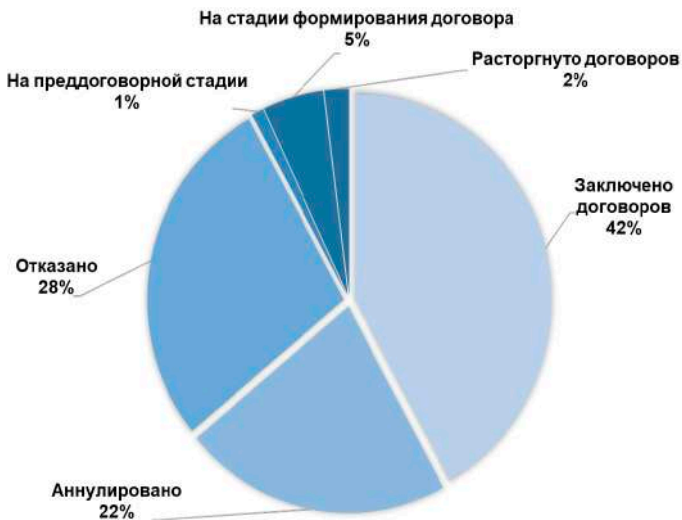


Рис. 1. Статистика по реализации Дальневосточного гектара в Республике Саха (Якутия)

Одной из распространенных проблем программы является пересечение границ сформированного земельного участка с границами существующих земельных участков, земельными участками с неустановленными границами, землями лесного фонда, землями местного или регионального значения. Данная проблема обуслов-

лена многими факторами, в том числе низкой картографической изученностью территории субъекта, отсутствием границ существующих земельных участков, недостаточным контролем качества работы ресурса ФИС «На Дальний Восток» [3]. Другой важной проблемой выступает некорректная работа, нарушение процедуры, бездействие уполномоченных органов власти или местного самоуправления. Из-за отсутствия предусмотренной инфраструктуры, участники программы сталкиваются с дополнительными большими и долгосрочными капиталовложениям, а также с необходимостью в проведении кадастровых работ и согласованиях с уполномоченными органами. Так обладатели гектаров направляют многочисленные обращения и заявления в уполномоченные органы, а через месяцы ожиданий получают безосновательные отказы.

Рассмотрим программы на уровне субъекта на примере Ленинградского и Вологодского гектаров. Программы разработаны по примеру федеральной программы «Дальневосточный гектар», но все же имеют свои особенности, приведенные в таблице.

### Сравнительный анализ Ленинградского и Вологодского гектаров

	Ленинградский гектар	Вологодский гектар
Цель программы	Ввести дополнительные площади в сельхозоборот и повысить плотность населения в отдаленных районах Ленинградской области.	Задействовать неиспользованные земли с/х назначения, остановить отток и повысить численность населения в Вологодской области.
Площадь земельного участка	от 3 до 10 га	Гражданам: для ЛПХ 1–2,5 га, для иных с/х целей: 1–10 га; Юр. лицам: 1–100 га.
Вид разрешенного использования	Перечень из классификатора для с/х использования	Перечень из классификатора для с/х использования, за исключением садоводства

Продолжение таблицы

	Ленинградский гектар	Вологодский гектар
Требования к участнику	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие гражданства РФ;</li> <li>2. Наличие плана по созданию и развитию с/х производства на срок не менее 5 лет;</li> <li>3. Отсутствие задолженностей, подлежащих уплате в соответствии с законодательством РФ о налогах и сборах;</li> <li>4. Отсутствие не устраненных нарушений земельного законодательства РФ;</li> <li>5. Юридическое лицо зарегистрировано на территории Ленинградской области и не находится в процессе реорганизации, ликвидации, банкротства.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Совершеннолетие;</li> <li>2. Наличие гражданства РФ;</li> <li>3. Проживание на территории РФ;</li> <li>4. Юридическое лицо зарегистрировано на территории РФ и осуществляет производство и (или) переработку с/х продукции.</li> </ol>
Форма передачи	В аренду	В собственность безвозмездно
Условия реализации	Участник программы получает участок из перечня предложенных к предоставлению после	Участник программы осуществляет выбор территории и определяет контур границ участка с помощью информационной системы.
Районы, территории	Бокситогорский, Подпорожский, Сланцевский	Вожегодский, Вашкинский, Никольский, Бабаевский, Харовский, Вытегорский, Белозерский, Тарногский



Продолжение таблицы

	Ленинградский гектар	Вологодский гектар
Финансовая поддержка участника	<p>Грант на финансовое обеспечение затрат по реализации плана создания и развития с/х производства (3 млн руб.)</p> <p>+</p> <p>Грант на финансовое обеспечение бытового обустройства (500 тыс. руб.)</p>	<p>Пособие на обустройство (размер выплаты определяется приоритетностью территории заселения: От 20 до 240 тыс. руб. участнику программы</p> <p>+</p> <p>От 10 до 120 тыс. руб. каждому члену семьи)</p> <p>+</p> <p>Компенсация на переезд к будущему месту проживания (в размере фактически расходов)</p> <p>+</p> <p>Компенсация уплаты пошлины на оформление документов, определяющих правовой статус переселенцев на территории РФ (в размере пошлины)</p>
Достоинства программы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Районы с дорогами местного, регионального и федерального значения;</li> <li>2. Районы располагаются недалеко от населенных пунктов и объектов инфраструктуры;</li> <li>3. В районах имеются собственные источники электроэнергии.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Районы с дорогами местного, регионального и федерального значения;</li> <li>2. Районы располагаются недалеко от населенных пунктов и объектов инфраструктуры;</li> <li>3. Простые требования к участнику;</li> <li>4. Большой выбор территорий;</li> <li>5. ЗУ представляется в собственность.</li> </ol>

	Ленинградский гектар	Вологодский гектар
Недостатки программы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие необходимой инфраструктуры;</li> <li>2. Конкурсная основа отбора претендентов на земельный участок и получения гранта;</li> <li>3. Требование к наличию соответствующего образования для составления бизнес-плана;</li> </ol>	Отсутствие необходимой инфраструктуры

Чтобы оценить заинтересованность населения к Ленинградскому и Вологодскому гектарам обратимся к официальным данным. Согласно данным Комитета по агропромышленному и рыбохозяйственному комплексу Ленинградской области [4] в 2019 году участки получили 5 человек, в 2020 году – 13, в 2021 году – 8. На 2023 год в перечень входит 242 земельных участка. По данным Департамента имущественных отношений Вологодской области [5] по состоянию на 01.03.2023 г. из 3841,6 га, предложенных к предоставлению, поступило 369 уведомлений в отношении 3006 га земель, из которых 255 уведомлений одобрено. Таким образом, предоставлено 2 307 га и есть 800 га, к которым, пока что, не проявили интерес. Участниками программы стали не только жители Вологодской области, но и из Мурманской, Ярославской, Ленинградской, Ростовской, Новосибирской, Московской областей, Татарстана, Алтайского и Краснодарского краев, Москвы и Санкт-Петербурга. На основе предложенных сведений можно сделать вывод о том, что программа «Ленинградский гектар» не является привлекательной для населения, в отличие от «Вологодского гектара». Скорее всего, это вызвано строгими требованиями к претенденту и «непривлекательными» гектарами по местоположению и размерам. Большим преимуществом программы «Вологодский гектар» выступает приобретение земельного участка в собствен-

ность. По мнению авторов, именно данный аспект вызвал рост заявок для участия в программе, так как земельный участок выступает в данном случае гарантом интересов претендента.

Из обзора практики программ предоставления гектаров можно сделать выводы о том, что является причиной проблем и успехов в реализации программ. Для качественного функционирования программы необходим хорошо подготовленный ее проект, а также некоторые усовершенствования законодательной базы. Например, ранее по закону [6] картматериал обновлялся не реже, чем раз в 10 лет. Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 5 апреля 2022 г. № П/0122 «Об утверждении требований к составу сведений единой электронной картографической основы и требований к периодичности их обновления» устанавливает требования к обновлению сведений каждые полгода. По мнению авторов, именно развитие законодательства в части пространственных данных даст толчок для освоения Арктической зоны и Дальневосточного Федерального округа. Особую роль сыграет «Национальная система пространственных данных» [7]. В рамках реализации госпрограммы к 2030 году планируется создать единую цифровую платформу пространственных данных и единую электронную картографическую основу [8]. Их внедрение и функционирование позволит повысить качество обновления и учета земельных участков, а также выявит масштабы необходимых к проведению комплексных и кадастровых работ.

### Литература

1. Федеральный закон от 1 мая 2016 г. № 119-ФЗ «Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных в Арктической зоне Российской Федерации и на других территориях Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». URL:[https:// base.garant.ru/71388648](https://base.garant.ru/71388648) (дата обращения: 13.03.2023 г.).
2. Статистическая информация по реализации ФЗ №119 «О Дальневосточном гектаре». URL:<https://minimush.sakha.gov.ru/deya/Statisticheskaya-informatsiya/statisticheskaja-informatsija-po-realizatsii-fz-119-o-dalnevostochnom-gektare> (дата обращения: 13.03.2023 г.).

3. Предварительные итоги реализации государственной программы «Дальневосточный гектар». DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.98.8.060> (дата обращения: 15.03.2023 г.).
4. Программа «Ленинградский гектар». URL:<https://agroprom.lenobl.ru/ru/gospodderzhka/programma-leningradskij-gektar> (дата обращения: 13.03.2023 г.).
5. Программа Губернатора «Вологодский гектар». Актуальная информация. URL:[https://okuvshinnikov.ru/prog/programma\\_vologodskij\\_gektar](https://okuvshinnikov.ru/prog/programma_vologodskij_gektar) (дата обращения: 14.03.2023 г.).
6. Приказ Министерства экономического развития РФ от 13 ноября 2015 г. № 848 «Об утверждении требований к картам и планам, являющимся картографической основой Единого государственного реестра недвижимости, а также к периодичности их обновления».
7. Постановление Правительства РФ от 1 декабря 2021 г. № 2148 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»».
8. Национальная система пространственных данных. URL:<https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennyye-programmy/natsionalnaya-sistema-prostranstvennykh-dannykh> (дата обращения: 15.03.2023 г.).

**УДК 528.4**

*Буряк Екатерина Владимировна,*  
студент  
*Волков Алексей Васильевич,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный  
университет)  
*E-mail: katerina164613@gmail.com,*  
*ahtelin@mail.ru*

*Buryak Ekaterina Vladimirovna,*  
student  
*Volkov Alexey Vasilyevich,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture  
and Civil Engineering)  
*E-mail: katerina164613@gmail.com,*  
*ahtelin@mail.ru*

**К ВОПРОСУ О ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ  
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ON THE ISSUE OF GEODETIC TRAINING  
SAINT PETERSBURG STATE UNIVERSITY  
OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

В данной статье рассмотрены перспективы развития геодезической подготовки в рамках Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Приведены нормативные документы, регламентирующие рассматриваемую сферу. Выполнен анализ образовательных программ специальностей различных факультетов, таких как Строительный, Архитектурный и Факультет инженерной экологии и городского хозяйства на объем геодезической подготовки. Показан материально-технический потенциал кафедры «Геодезии, землеустройства и кадастра». Даны предложения по улучшению геодезической подготовки студентов в виде изменения учебных программ и популяризации рассматриваемой сферы.

*Ключевые слова:* геодезия, геодезическая подготовка, инженерные изыскания, учебные планы, СПбГАСУ.

This article discusses the prospects for the development of geodetic training within the framework of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. The normative documents regulating the sphere under consideration are given. The analysis of educational programs of specialties of various faculties, such as Construction, Architecture and the Faculty of Environmental Engineering and Urban Management on the volume of geodetic training is carried out. The material and

technical potential of the Department of Geodesy, Land Management and Cadastre is shown. Suggestions are given to improve the geodetic training of students in the form of changing curricula and popularizing the field under consideration.

*Keywords:* geodesy, geodetic training, engineering surveys, curricula, SPSUASE.

Градостроительная деятельность является обширной, государственно значимой сферой. Ее нормативно регулирует Градостроительный кодекс Российской Федерации, федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации и ее субъектов.

На рисунке показаны виды осуществления градостроительной деятельности в соответствии с Градостроительным кодексом.



Виды градостроительной деятельности

На каждом этапе градостроительной деятельности подготавливается специализированная документация, неотъемлемой частью которой являются материалы инженерно-геодезических изысканий.

Нормативное регулирование геодезической деятельности осуществляется на всех уровнях, начиная с Федерального закона № 431-ФЗ.

Он определяет геодезическую деятельность, как выполнение геодезических работ по определению координат и высот точек земной поверхности, пространственных объектов, изменений во времени указанных координат и высот, по определению параметров фигуры Земли, ее гравитационного поля в этих целях, а также по созданию геодезических сетей, государственных нивелирных сетей и государственных гравиметрических сетей [2].

Сам процесс инженерно-геодезических изысканий определяет сводами правил. СП 126 в составе инженерных изысканий определяет требования к точности измерений, их погрешности и предельные показатели, разбивочные работы, геодезический контроль

точности геометрических параметров возводимых конструкций сооружения, мониторинг деформаций возводимых зданий и строительных конструкций. СП 47 утверждает весь комплекс геодезических работ при изысканиях и строительстве, в нем также определяются цели инженерных изысканий, такие как: подготовка документов территориального планирования; выбор площадок (трасс) строительства; архитектурно-строительное проектирование; строительство и реконструкция объектов капитального строительства [3, 4].

При подготовке будущих специалистов в сфере архитектуры, строительства и землеустройства и кадастра Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет должен руководствоваться профессиональными стандартами, такими как: «Специалист в области геодезии» № 168н; «Специалист в области инженерно-геодезических изысканий для градостроительной деятельности» № 746н; «Специалист по организации инженерных изысканий» № 227н. [5, 6, 7].

В стандартах указывается требуемый уровень образования для специалиста, его трудовые функции, а также знания и умения, которыми должен обладать специалист. Именно поэтому на основании стандартов должны обеспечиваться основные потребности будущих специалистов в геодезической деятельности. Основная роль в профессиональных стандартах отведена геодезической подготовке.

Геодезическую подготовку в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете осуществляет кафедра «Геодезии, землеустройства и кадастра» для всех основных факультетов, которые участвуют в градостроительной деятельности.

Так, например, на Строительном Факультете преподается 144 часа предмета «Инженерная геодезия» на кафедре для направлений «Строительство» и «Строительства уникальных зданий и сооружений» (СУЗС), а также геодезическая практика в конце первого курса, для СУЗС предусмотрена еще изыскательская практика, геодезический контроль возведения зданий и сооружений в конце третьего курса, на ней изучается работа с электронными тахеометрами, которые используются в современных реалиях.

На Архитектурном факультете изучается дисциплина «Геодезия и картография» в размере 72 часов и проводится геодезическая практика в конце первого года обучения.

На Факультет инженерной экологии и городского хозяйства у специальности «Землеустройство и кадастр» преподается дисциплина «Геодезия» в размере 612 часов на первом и втором семестрах, а также геодезическая практика по 144 часа по окончании первого, второго и третьего курсов.

Во время практических и лабораторных занятий студенты повышают свои знания и оттачивают навыки работы с приборами. Будущие специалисты Строительного и Архитектурного факультетов изучают устройство теодолита 4Т30П и нивелира 3н5л. Данные приборы являются элементарными для геодезических изысканий. Однако все полевые измерения на сегодняшний день выполняются электронными приборами с автоматической обработкой результатов.

Направление «Землеустройство и кадастр», помимо нивелира и теодолита, также изучают электронные тахеометры, беспилотные летательные аппараты, ГНСС-приемники и лазерное сканирование.

Исходя из проведенного анализа, видно, что наиболее подготовленными в области геодезии выступают студенты направления «Землеустройство и кадастр». Это обусловлено большим количеством дисциплин, на которых изучаются современные приборы и формируются навыки работы с ними.

Изучаемые предметы и их объем соответствуют профессиональным стандартам. Однако знания и умения, полученные в процессе обучения, не рассчитаны с реальными потребностями работодателей в навыках специалистов. Таким образом, современный мир диктует более высокий уровень подготовки специалистов в рамках изучаемой сфере.

На кафедре «Геодезии, землеустройства и кадастра» проводятся факультативные занятия, на которых большое внимание уделяется практической подготовке студентов, основанной на формировании навыков работы с топогеодезическими приборами и обучению обработке геодезической информации.



На кафедре имеется лаборатория, оснащенная современным оборудованием (см. таблицу), на котором студенты могут применить полученные знания на практике.

### Оборудование на кафедре

Наименование оборудования	Основные характеристики
Беспилотное воздушное судно «Геоскан-401»	Для получения ортофотопланов и картограмметрических материалов. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Высота полета до 100 метров;</li> <li>● Максимальная взлетная масса – 9,5 кг;</li> <li>● Площадь съемки – до 50 Га;</li> <li>● Длительность полета до 1 часа.</li> </ul>
Лазерный сканер Z+F Imager 5010	Для получения измерительного облака точек. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Частота сбора данных – 1,016 млн. точек в секунду;</li> <li>● Линейная ошибка менее 1 мм;</li> <li>● Максимальная дальность измерения – 187 метров;</li> <li>● Время работы более 2,5 часов;</li> <li>● Масса –11,5 кг (с батареей и адаптером питания).</li> </ul>
Электронные тахеометры SOKKIA CX-105, SOKKIA CX-102, SOKKIA Trimble M3(5”), SOKKIA SET650RX (6”)	Для получения координат и высот. <ul style="list-style-type: none"> <li>● Дальность измеряемых расстояний без отражателя до 500 метров, с отражателем – до 5000;</li> <li>● Угловая точность – 5”;</li> <li>● Точность измерения расстояний без отражателя <math>\pm (3 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot D)</math>;</li> <li>● Время работы более 36 часов;</li> <li>● Масса –5,6 кг (с батареей)</li> </ul>
Двухчастотный спутниковый GNSS-приемник GRX-1, GRX-2	Для получения координат и высот. <ul style="list-style-type: none"> <li>● 72 канала;</li> <li>● Точность в плане 3 мм + 0,8 мм/км;</li> <li>● Точность по высоте 4 мм + 1 мм/км;</li> <li>● Время работы более 7,5 часов;</li> <li>● Масса – 1,10кг (без батареей).</li> </ul>

Таким образом, выполненный анализ геодезической подготовки в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете позволяет сделать вывод о необходимости изменений учебных планов специальностей, так как это диктует современный мир. У кафедры большой потенциал, и она в состоянии закрыть эти требования, однако часы подготовки студентов не позволяют осуществить это. Необходимо глобальные изменения в учебных планах специальностей, чтобы выделить больше часов на изучение дисциплин.

Для строительного факультета введение в учебный план следующих дисциплин: инженерно-геодезические изыскания в строительстве; геодезический контроль возведения и монтажа конструкций.

Для студентов архитектурного факультета следовало бы увеличить количество часов на геодезическую подготовку и организовывать обмерные практики с применением методов наземного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрии.

В результате реализации предложений студенты будут приобретать навыки работы с современными геодезическими приборами и проходить практики с их применением. Умение работать с современными устройствами очень важно для будущих специалистов, поэтому введение предложенных дисциплин в учебный план является целесообразно.

Необходима более углубленная подготовка студентов непрофильных специальностей. Это можно организовать в виде активной популяризации изучения геодезии среди студентов с проведением мастер-классов и соревнований.

### **Литература**

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон № 190-ФЗ (ред. от 14.07.2022) : [принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года: одобрен Советом Федерации 24 декабря 2004 года] – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 09.03.2023).
2. О геодезии, картографии и пространственных данных Российской Федерации: Федеральный закон № 431-ФЗ: [принят Государственной Думой 22 декабря 2015 года: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2015 года] –

Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 09.03.2023).

3. Об утверждении СП 47.13330 «СНИП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» : приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. № 1033/пр. – Текст : электронный // Кодификация.РФ : [Сайт]. – URL: <https://rulaws.ru/> (дата обращения: 05.03.2023).

4. Об утверждении СП 126.13330.2017 «СНИП 3.01.03-84 геодезические работы в строительстве»: приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 октября 2017 г. № 1469/пр. – Текст : электронный // Кодификация.РФ : [Сайт]. – URL: <https://rulaws.ru/> (дата обращения: 05.03.2023).

5. Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области инженерно-геодезических изысканий для градостроительной деятельности»: приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 октября 2021 г. № 746н – Текст : электронный // Министерство Юстиции Российской Федерации : [Сайт]. – URL: <https://minjust.consultant.ru/> (дата обращения: 08.03.2023).

6. Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области геодезии» : приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 марта 2022 г. № 168н – Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 08.03.2023).

7. Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по организации инженерных изысканий» : приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 апреля 2022 № 227н. – Текст : электронный // Министерство Юстиции Российской Федерации : [Сайт]. – URL: <https://minjust.consultant.ru/> (дата обращения: 05.03.2023).

УДК 528.72

Акатьев Кирилл Евгеньевич,

студент

(Санкт-Петербургский горный университет) (Saint Petersburg Mining University)

E-mail: k.akatev@mail.ru

Akatev Kirill Evgenyevich,

student

(Saint Petersburg Mining University)

E-mail: k.akatev@mail.ru

## ПАСПОРТИЗАЦИЯ МОНУМЕНТАЛЬНЫХ МЕМОРИАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

### CERTIFICATION OF MONUMENTAL MEMORIAL STRUCTURES BY PHOTOGRAMMETRIC METHOD

В силу разрушения объектов культурного наследия остро стоит вопрос об их охране и мерах сохранения. Одним из этапов сохранения таких объектов является фиксация его геометрических и качественных характеристик. Фотограмметрический способ позволяет осуществить этот процесс с довольно малыми временными и финансовыми затратами. В статье продемонстрированы основополагающие принципы и реализация фотограмметрического способа паспортизации монументальных сооружений. С помощью метода наземной фотограмметрии были построены цифровые 3D-модели памятников, а также осуществлена их трехмерная печать, что показывает перспективность данного метода в сфере сохранения культурного наследия общества.

*Ключевые слова:* наземная фотограмметрия, объекты культурного наследия, паспортизация, построение цифровых 3D-моделей, трехмерная печать.

Due to the destruction of cultural heritage sites, the issue of their protection and conservation measures is acute. One of the stages of preserving such objects is the fixation of its geometric and qualitative characteristics. The photogrammetric method makes it possible to carry out this process with fairly low time and financial costs. The article demonstrates the fundamental principles and implementation of the photogrammetric method of certification of monumental structures. Using the method of ground photogrammetry, digital 3D models of monuments were built, as well as their three-dimensional printing was carried out, which shows the prospects of this method in the field of preserving the cultural heritage of society.

*Keywords:* ground photogrammetry, cultural heritage objects, certification, construction of digital 3D models, three-dimensional printing.

### **Актуальность**

За последние десятилетия одним из основных направлений политики РФ и, в частности, Санкт-Петербурга в области культуры стало сохранение объектов культурного наследия (ОКН), в число которых включены памятники, ансамбли, достопримечательные места [1]. Этому свидетельствует увеличение финансирования мероприятий по сохранению объектов культурного наследия в Санкт-Петербурге [2]. Сохранение ОКН направлено на препятствие физической утраты таких объектов. 1317 памятников Санкт-Петербурга находятся в активной фазе разрушения [3].

Для осуществления методов сохранения ОКН необходима инвентаризация объектов культурного значения в как можно полном и достоверном виде. Источниками, которые наиболее полно передают внешний облик ОКН, его особенности, а также фиксируют дефекты, являются изобразительные источники, в том числе создание двойников.

По данным [4] более 7 тысяч памятников Санкт-Петербурга нуждаются в реставрации, и, если наиболее известные памятники культуры и архитектуры успешно реставрируют, то такие объекты, как могилы и надмогильные памятники часто предаются забвению и не реставрируются. Однако и такие памятники представляют для общества большую культурную и историческую ценность, поэтому важно, если и не осуществлять полную реконструкцию всех памятников, то хотя бы провести их инвентаризацию и сохранить памятники в виде чертежей или, что более современно, в виде цифровых 3D-моделей.

Кроме реконструкции, трехмерная печать может использоваться и для более тесной интеграции в культурную составляющую жизни общества людей с ограниченными возможностями здоровья по зрению путем создания стендов, предназначенных для тактильного восприятия тех или иных объектов культурного наследия в составе экспозиций музеев или на открытых площадках перед объектами культурного наследия. Это позволит значительно сэкономить, поскольку отпадает необходимость в привлечении скульпторов или в ручном трехмерном моделировании.

Актуальность создания 3D-моделей подтверждается наличием исследований на эту тему в последнее время. Так, в статье [5] показан фотограмметрический способ как способ восстановления утраченных объектов искусства. В статье [6] рассмотрена наземная фотограмметрия как метод создания цифровых моделей помещений как основа для создания обмерных чертежей. В статье [7] рассмотрен способ создания 3D-моделей археологических памятников. В статье [8] изложена техническая составляющая данного способа.

### **Материалы и методы исследования**

При создании цифровых двойников объектов используются разные способы. Одним из них является фотограмметрический. Метод наземной фотограмметрии на современном этапе развития способен решать множество задач, в том числе создание моделей памятников архитектуры, как трехмерных, так и двумерных с целью создания обмерных чертежей.

Основными преимуществами при создании объемной модели объекта культурного значения методом наземной фотограмметрии можно выделить следующие [9]:

1. Высокая производительность (измеряются не объекты, а их изображения).
2. Реализация метода при наличии недорогого оборудования.
3. Полноценная фиксация состояния объекта.
4. Достоверность полученных снимков.
5. Оперативное получение цветных изображений.
6. Практичность хранения материалов съемки.
7. Измерения выполняются дистанционным методом.
8. Быстрая передача при необходимости конечных результатов третьим лицам.
9. Возможность преобразования результатов съемки в разные форматы данных.

В качестве рассматриваемого объекта были выбраны два памятника на Смоленском лютеранском кладбище – Людвигу Нобелю и его внукам – Мари-Лорне Нобель и Мануэлю Нобелю.

Первый памятник (рис. 1) представляет собой гранитный постамент высотой 3,5 м с высеченными надписями и вазой на вер-

шине, покрытой покрывалом. Второй памятник (рис. 2) является геометрически более сложным и представляет собой протестантский крест, около которого располагается скульптура скорбящей девы и вазы.



Рис. 1. Могила Людвиг Нобеля



Рис. 2. Могила Мари-Лорны Нобель и М. Нобеля

В работе использовалась камера *Canon EOS 1300D* с объективом *EF-S18-55mm*. Фокусное расстояние было выбрано минимальным – 18 мм. Полученное пространственное разрешение составило 0,57 мм/пиксель. Этапы работы:

I. **Съемка.** Памятник был снят по замкнутому круговому маршруту. Снимки делались на отстоянии 3–5 м. через каждые 10–15°. В силу высоты памятников делалось два маршрута на разной высоте – 1,6 м. и 2,5 м.

II. **Обработка отснятого материала и построение цифровой модели объекта.** *Agisoft Metashape Professional 1.8.5.* был выбран как среда обработки.

III. Экспорт и 3D-печать полученных в ходе обработки цифровых моделей объектов.

## Результаты

I. Было сделано 52 цветных снимка первого памятника и 71 цветной снимок второго памятника, на что было затрачено 20 минут.

II. 1. На первом этапе были загружены фотографии и удалены неудовлетворяющие по качеству кадры.

2. На этапе «выравнивания» снимков определялись элементы внешнего ориентирования камер в момент фотографирования в условной системе координат и пространственные координаты связующих точек. Элементы внутреннего ориентирования были получены по метаданным камеры.

3. Для масштабирования модели на объекте был выполнен линейный промер, на его основе в программе создана масштабная линейка. Путем применения функции «Оптимизация» в полученную фотограмметрическую модель были введены поправки за дисторсию объектива и выполнено масштабирование системы координат.

4. На этапе построения плотного облака точек по стереопарам снимков были построены карты глубины. По ним были рассчитаны пространственные координаты для пикселей на снимках, которые удалось однозначно сопоставить (рис. 3).



Рис. 3. Результат построения плотного облака точек памятников

5. Построение 3D модели, которая представляет собой объемную поверхность, вершины которой являются точки из плотного облака точек (рис. 4). На полученные модели были наложены текстуры.





Рис. 4. Итоговые трехмерные модели

Затем модель была экспортирована в виде файла .obj, который был выведен на трехмерную печать на принтере *FlashForge Adventurer 3* (рисунок).



Рис. 5. Полученные на 3D-принтере модели объектов

### Заключение

Способ паспортизации объектов ОКН наземной фотограмметрии является перспективным, так как позволяет проводить работы быстро и недорого.

Массовому распространению такого способа может поспособствовать развитие нормативной базы, закрепляющей законодательно данный способ как метод сохранения культурного наследия. Фотограмметрия на данном этапе развития способна решать такие узконаправленные задачи эффективно, что говорит о том, что внедрение данных технологий в нынешнюю практику может поспособствовать сохранению и популяризации культурного наследия общества.

### Литература

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 20.10.2022) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_37318/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/), свободный. Дата обращения: 27.11.2022 г.
2. Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры. Программы сохранения объектов культурного наследия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kgior.gov.spb.ru/deyatelnost/restoration/>, свободный. Дата обращения: 27.11.2022 г.
3. ЕМИСС Государственная статистика. Количество объектов культурного наследия, включенных в реестр. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/55126>, свободный. Дата обращения: 27.11.2022 г.
4. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 01.11.2005 № 1681 «О Петербургской стратегии сохранения культурного наследия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c\\_govcontrol/peterburgskaya-strategiya-sohraneniya-kulturnogo-naslediya/](https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/c_govcontrol/peterburgskaya-strategiya-sohraneniya-kulturnogo-naslediya/), свободный. Дата обращения: 27.11.2022 г.
5. Якимаха М. Н. 3D-визуализация как способ реконструкции флюоритовых ваз из собрания горного музея / М. Н. Якимаха, А. Р. Пилипенко // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: ipdme-2021: VIII международная научно-практическая конференция. сборник тезисов. секция «круглый стол молодых ученых», Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2021. – С. 153–156.
6. Зицук А. А. Прикладное использование фотограмметрического метода получения данных о натурных измерениях при проведении обмеров нежилого

помещения / А. А. Зицик, А. А. Боголюбова, А. Ю. Романчиков // Инженерные системы и городское хозяйство: сборник материалов научных трудов. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 160–169.

7. Курков В. М. Методы и технологии аэрофотосъемки и наземной фотограмметрической съемки при археологических изысканиях / В. М. Курков, Т. Н. Скрыпицына, А. Ю. Созонова // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2020. – Т. 2. – № 5. – С. 75–82.

8. Дрыга Д. О. К методике создания трехмерных моделей объектов культурного наследия экспонатов музейных коллекций / Д. О. Дрыга // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2019. – Т. 63. – № 5. – С. 512–523.

9. Ситникова А. В. Анализ методов создания пространственных моделей / А. В. Ситникова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 6. – С. 232–239.

УДК 332.622

*Дьячкова Ирина Сергеевна,*  
канд. техн. наук, ассистент  
*Павликова Мария Сергеевна,*  
студент  
(Санкт-Петербургский  
горный университет)  
*E-mail: Dyachkova\_IS@pers.spmi.ru,*  
*mariahpavlikova@yandex.ru*

*Dyachkova Irina Sergeevna,*  
PhD in Sci. Tech., assistant lecturer  
*Pavlikova Maria Sergeevna,*  
student  
(Saint Petersburg  
Mining University)  
*E-mail: Dyachkova\_IS@pers.spmi.ru,*  
*mariahpavlikova@yandex.ru*

**АНАЛИЗ ЗНАЧИМЫХ ЦЕНООБРАЗУЮЩИХ  
ФАКТОРОВ В МЕТОДЕ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ПРОДАЖ  
НА ПРИМЕРЕ «ЗОЛОТОГО КВАДРАТА»  
Г. ВСЕВОЛОЖСКА**

**ANALYSIS OF SIGNIFICANT PRICING FACTORS  
IN THE METHOD OF COMPARATIVE SALES  
ON THE EXAMPLE OF THE “GOLDEN SQUARE”  
OF VSEVOLOZHSK**

В статье рассмотрен сравнительный подход к оценке недвижимого имущества, указана преимущественная сторона и недостатки. Предметом оценки является рыночная стоимость незастроенного земельного участка, представляющая денежный эквивалент потенциальной сделки с ним. Отмечена возможность рассмотрения фактора местоположения как ключевого. Показаны итоги проведенного изучения воздействия удаленности от условного центра в соответствующем сегменте рынка на примере «Золотого квадрата» г. Всеволожска. Описаны методологические особенности метода сравнительных продаж и регрессионного анализа. Делается вывод о влиянии набора ценообразующих факторов на адекватность результата.

*Ключевые слова:* алгоритм внесения корректировок, ценообразующий фактор, сравнительный подход, метод сравнительных продаж, земельный участок.

The article considers a comparative approach to the valuation of real estate, indicates the advantages and disadvantages. The subject of the assessment is the market value of an undeveloped land plot, representing the monetary equivalent of a potential transaction with it. The possibility of considering the location factor as a key one is noted. The results of the study of the impact of remoteness from the conditional center in the relevant market segment on the example of the “Golden Square”

of Vsevolozhsk are shown. The methodological features of the method of comparative sales and regression analysis are described. The conclusion is made about the influence of a set of price-forming factors on the adequacy of the result.

*Keywords:* algorithm for making adjustments, price-forming factor, comparative approach, method of comparative sales, land plot.

В соответствии с Приказом Минэкономразвития России от 14.04.2022 № 200 «Об утверждении федеральных стандартов оценки и о внесении изменений в некоторые приказы Минэкономразвития России о федеральных стандартах оценки» основными подходами, используемыми при определении стоимости объекта оценки, являются сравнительный, доходный и затратный [1]. Выбор того или иного подхода зависит от объекта-оценки, информационной обеспеченности, его соответствия наиболее типичному виду использования.

Сравнительный подход исходит из того, что субъекты на рынке осуществляют сделки, основываясь на информации о сделках с аналогичными объектами. Другими словами, и покупатель, и продавец должны быть уверены, что цена справедлива, приемлема для всех других участников рынка и каждая из сторон в данной сделке не окажется в убытке. Поэтому предполагается, что цены, по которым на рынке собственности состоялись сделки купли продажи объектов-аналогов, отражают рыночную стоимость исследуемого объекта. Трудностью применения подхода является непрозрачность российского рынка недвижимости. Как отмечает Баринов Н. П., отсутствие надежной рыночной информации ограничивает практическую ценность совершенствования методологии [2].

В рамках сравнительного подхода выделяют следующие методы: метод прямого сравнения с идентичным объектом, в цену которого вносят временную и коммерческую корректировки и методы сравнения с аналогичным объектом. К последним относят метод сравнительной единицы (расчет стоимости воспроизводства рассматриваемой единицы), метод сравнительных продаж и метод построения регрессионных моделей. В основу принципов положена логика экономического поведения людей при формировании

стоимости товара на свободном рынке [3]. При методе сравнительных продаж вносятся корректировки значений единиц сравнения аналогов по каждому элементу сравнения. В Распоряжении Минимущества РФ от 06.03.2002 № 568-р «Об утверждении методических рекомендаций по определению рыночной стоимости земельных участков» указано, что к наиболее важным факторам стоимости земельного участка, как правило, относятся: местоположение и окружение, целевое назначение, разрешенное использование, права иных лиц на земельный участок, физические характеристики, транспортная доступность, уровень развития инфраструктуры [4].

Во время анализа также необходимо обращать внимание на возможные необычные влияния на цены аналогов такие как, важность в срочной купле-продаже или изъятие в сумму залога [5]. Помимо этого, в исследованиях Быковой Е. Н. выявлено, что факторы негативных инфраструктурных экстерналий (например, пересечение с ЗОУИТ) играют заметную роль в снижении стоимости земли [6]. Из специфических показателей также можно выделить уровень шума [7]. Согласование результатов заключается в нахождении среднего показателя удельной стоимости.

Несмотря на то, что оценщики называют сравнительный подход рыночным, признавая возможность с помощью него найти наиболее вероятную цену сделки, специалисты ставят под сомнение достоверность результатов при его применении, что связано с разными технологиями вычисления поправок. К тому же, исходя из исследования, проведенного Лепихиной О. Ю. и Правдиной Е. А., вариативный учет факторов при оценке одного и того же объекта недвижимости приводит к разным результатам оценки [3].

При этом Баринов Н. П. отмечает, что потребность в оценках стоимости, способных выдержать защиту в спорах, в том числе судебных, неизбежно приведет к расширению применения математического аппарата – регрессионной модели [8]. Она была применена в работе.

При помощи применения метода сравнительных продаж произведено вычисление рыночной стоимости земельного участка под

индивидуальное жилищное строительство, в ходе которого выявлена особенность алгоритма внесения корректировок.

Характеристики, по которым проводились сравнения следующие: дата сделки, скидка на торг, местоположение (объекты в одном населенном пункте), вид разрешенного использования, фактор масштаба, наличие коммуникаций, наличие улучшений на земельном участке. Объект оценки наряду с отобранными объектами-аналогами расположен в «Золотом квадрате» Всеволожска – территории элитной коттеджной застройки. Использована информация о недавних предложениях, что обеспечивает большую надежность полученных расчетов.

Анализируемые публикации на рекламном сайте Авито осуществлены не позже августа 2022 года. Подобраны 8 объектов-аналогов, удельные показатели рыночной стоимости которых колеблются от 6000 до 11 000 руб/м<sup>2</sup>. У всех объектов аналогов имеются коммуникации или возможность их подключения.

После внесения корректировок по стандартному набору элементов сравнения отмечено значительное расхождение в удельной стоимости участков. Значит, не был учтен важный ценообразующий фактор и нахождение среднего значения скорректированных стоимостей не даст достоверного результата.

Графическое представление взаимного расположения объектов-аналогов позволило проследить уменьшение удельной стоимости участков в зависимости от удаления от условного центра квадрата. Расположение объектов-аналогов относительно объекта оценки и условного центра Золотого Квадрата представлено на рис. 1.

В связи с обнаруженной тенденцией был построен график, отражающий зависимость удельной стоимости от удаленности участка, который представлен на рис. 2. Для этого по вертикали отложены цены за сотку на объекты-аналоги, по горизонтали – удаленность объектов от центра. Расстояние определялось с использованием картографического сервиса.

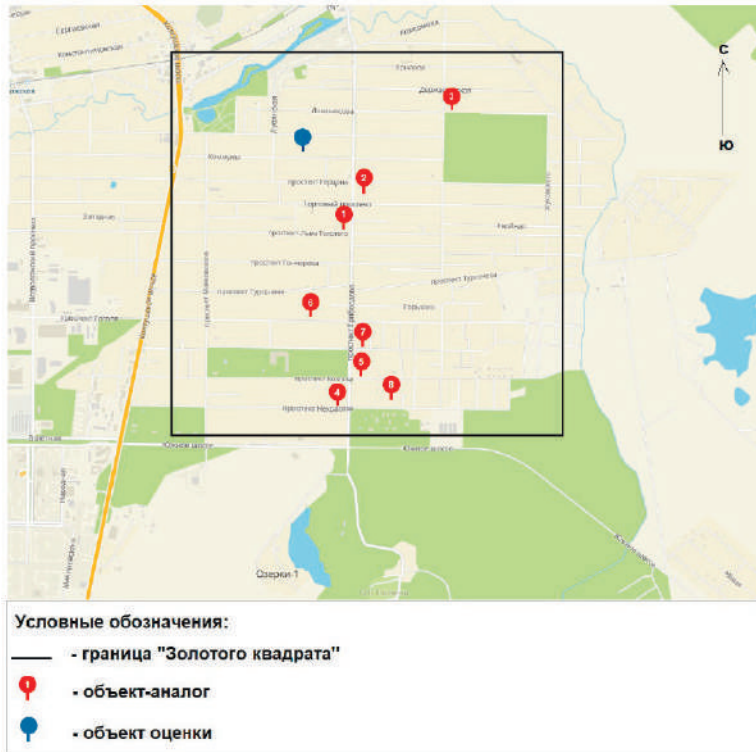


Рис. 1. Схема размещения «золотого квадрата» Всеволожска

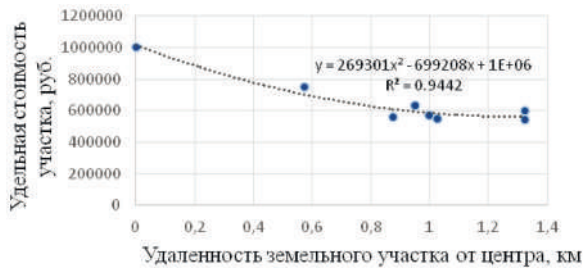


Рис. 2. График удельной стоимости участков в зависимости от размещения в «золотом квадрате»



На графике представлена формула, по которой определяется удельная стоимость объекта-оценки. Согласно коэффициенту детерминации  $R^2$ , более точное описание дает полиномиальная аппроксимация, показатель приближен к 1. То есть 94,4 % вариации удельной стоимости объясняется изменением рассматриваемого признака.

Стоит отметить, что особенностью метода регрессионного анализа является то, что корректировки в явном виде не вычисляются, а определяется цена при значении ценообразующего фактора, присущего объекту оценки. Следовательно, в процессе оценки недвижимости необходимо учитывать особенности местности.

После получения модели возник вопрос: чем характерен центр «Золотого квадрата»? Местность покрыта сосновыми деревьями, вблизи центра «Золотого квадрата» возведена православная церковь преп. Серафима Саровского. По четырем направлениям территория имеет выход к водным источникам, поэтому важность центральной области можно объяснить изменением высотных отметок: он располагается на максимальном возвышении, что избавляет от необходимости отсыпки земельного участка.

Фактор рельефа изначально не был выявлен, как ценообразующий, так как предполагалась однотипность местности в виду близости рассматриваемых земельных участков. Уже после сглаживания отличий между объектами-аналогами и изучаемым участком посредством введения корректировок стало возможно определить регрессионную модель, отражающую влияние удаленности от центра на стоимость земли.

Вопрос влияния расположения земельных участков относительно центра на стоимость земли рассмотрен Ковязиным В. Ф., Лепихиной О. Ю. и Зиминим В. П. в рамках города Гатчины, отмечено, что причиной востребованности является инфраструктурная обустроенность [9]. Рассмотренный случай указывает, на то, что может возникать необходимость отступления от алгоритма последовательного внесения корректировок, согласно которому выявленные различия по элементам сравнения предполагают внесение изменений в цены объектов-аналогов на основе вклада

этого элемента в стоимость объекта [10, 11]. Также подтверждается важность подбора факторов, исходя из особенностей конкретной местности.

### Литература

1. Об утверждении федеральных стандартов оценки и о внесении изменений в некоторые приказы Минэкономразвития России о федеральных стандартах оценки) (вместе с «Федеральным стандартом оценки «Структура федеральных стандартов оценки и основные понятия, используемые в федеральных стандартах оценки (ФСО I)», «Федеральным стандартом оценки «Виды стоимости (ФСО II)», «Федеральным стандартом оценки «Процесс оценки (ФСО III)», «Федеральным стандартом оценки «Задание на оценку (ФСО IV)», «Федеральным стандартом оценки «Подходы и методы оценки (ФСО V)», «Федеральным стандартом оценки «Отчетом об оценке (ФСО VI) : приказ Минэкономразвития России от 14.04.2022 № 200. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». Источник: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_415358/52c3bac8ab1292b0fee680123243d1730ac19bcc/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415358/52c3bac8ab1292b0fee680123243d1730ac19bcc/)

2. *Баринов Н. П.* Сравнительный подход к оценке недвижимости. Современный взгляд // Вопросы оценки. 2019. № 1(95). С. 2–16.

3. *Лепихина О. Ю., Правдина Е. А.* Вариативный учет ценообразующих факторов при кадастровой оценке земель (на примере города Санкт-Петербург) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330, № 2. С. 65–74.

4. Об утверждении методических рекомендаций по определению рыночной стоимости земельных участков : распоряжение Минимущества РФ от 06.03.2002 № 568-р (ред. от 31.07.2002). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». Источник: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_36189/21b798c0b86f14d67b74b6c7737123ebdd50c08c/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_36189/21b798c0b86f14d67b74b6c7737123ebdd50c08c/)

5. *Григораш Е. В., Самодурова С. А., Шишканова А. И., Гулбердиев Ш. Ш.* Методология определения рыночной стоимости недвижимости с учетом современных условий // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 6. С. 222–228.

6. *Быкова Е. Н.* Оценка негативных инфраструктурных экстерналий при определении стоимости земель // Записки Горного института. 2021. 247. С. 154–170.

7. *Быкова Е. Н., Баникевич Т. Д., Рагузин И. И.* Современные особенности кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения // Инженерный вестник Дона. 2022. № 6(90). С. 1–14.

8. *Баринов Н. П.* Применение регрессионного анализа в задачах индивидуальной и массовой оценки объектов недвижимости // Вопросы оценки. 2022. № 1(106). С. 34–46.

9. Ковязин В. Ф., Лепихина О. Ю., Зимин В. П. Определение рыночной стоимости земель г. Гатчины Ленинградской Области // Arctic Environmental Research. 2016. № 1. С.12–18.

10. Абакумов Р. Г. Аналитический обзор методических инструментов, применяемых в методе сравнения продаж при корректировках цен аналогов // Вестник БГГУ им. В. Г. Шухова. 2017. № 3. С. 182–190.

11. Baltyzhakova T., Romanchikov A. Spatial analysis of subway passenger traffic in Saint Petersburg // Geodesy and Cartography (Vilnius). 2021. Vol. 47, № 1. P. 10–20. DOI 10.3846/gac.2021.11980/

УДК 332.74

*Заболотная Екатерина Евгеньевна,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: z.katerina.e@bk.ru*

*Zabolotnaya Ekaterina Evgenievna,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: z.katerina.e@bk.ru*

## **ВЛИЯНИЕ СЕРВИТУТОВ НА ЗЕМЕЛЬНЫЕ ОТНОШЕНИЯ**

### **THE IMPACT OF EASEMENTS ON LAND RELATIONS**

В статье приводятся определения понятий публичного сервитута и сервитута, с обозначением различий между ними. Выделяются основные проблемы, которые возникают в земельных отношениях при установлении публичного сервитута. Также в статье обозреваются нововведения, принятые в земельное законодательство Федеральным законом № 341-ФЗ, касающиеся проведения кадастрового учета земельных участков, на которые устанавливается сервитут и исключение необходимости проведения публичных слушаний об установлении сервитута. Приводятся выводы и рекомендации для минимизации судебных споров в земельных отношениях и разногласий между сервитуарием и сервитуодателем.

*Ключевые слова:* сервитут, земельный участок, земельные отношения, кадастровый учет, установление границ.

The article provides definitions of the concepts of public easement and easement, with the designation of differences between them. The main problems that arise in land relations when establishing a public easement are highlighted. The article also reviews the innovations adopted in the land legislation by Federal Law No. 341-FZ concerning the cadastral registration of land plots for which an easement is established and the exclusion of the need for public hearings on the establishment of an easement. Conclusions and recommendations are given to minimize litigation in land relations and disagreements between the servitor and the servitor.

*Keywords:* easement, land plot, land relations, cadastral registration, establishment of boundaries.

Сервитутом и публичным сервитутом в земельных отношениях является ограниченное право пользования чужим земельным участком, однако существует принципиальная разница между этими двумя понятиями.

Публичный сервитут устанавливается в одностороннем порядке в соответствии с земельным законодательством, а для установления сервитута требуется заключение договора (между собственником земельного участка и заинтересованным лицом) и регулирует данный процесс гражданское законодательство.

Не смотря на перечень оснований для установления сервитута, приведенный в ст. 274 ГК РФ (сюда относится обеспечение прохода и проезда через соседний земельный участок, строительство, реконструкция и (или) эксплуатация линейных объектов, не препятствующих использованию земельного участка в соответствии с разрешенным использованием, а также другие нужды собственника недвижимого имущества, которые не могут быть обеспечены без установления сервитута [2]), для строительства, эксплуатации, реконструкции и ремонта некоторых линейных сооружений, которые находятся в частной собственности, при необходимости устанавливается публичный сервитут, то есть без договора с собственником и получения его согласия.

Связано это с тем, что такие сооружения составляют сферу публичного интереса, однако многие собственники несколько болезненно воспринимают необходимость вынужденного в рамках сервитута предоставления права пользования их собственностью другим лицам, особенно в случаях, когда публичный сервитут устанавливается безвозмездно.

Сервитут не лишает собственника участка прав владения, пользования и распоряжения этим участком, однако ограничивает эти права, поэтому нередко является предметом разногласий и судебных споров.

До принятия Федерального закона от 03.08.2018 № 341-ФЗ для установления сервитута необходимо было провести кадастровый учет земельного участка, на который устанавливается сервитут (в случае, если он устанавливается на весь участок) или внести сведения в ЕГРН о части земельного участка (в случае, если сервитут устанавливается на часть участка), такие сведения являлись обязательными для регистрации сервитута. Однако, с принятием ФЗ-№ 341 наличие кадастрового учета земельных участков

не требуется и для регистрации сервитута достаточно отражение границ сервитута в документах, подготовленных сервитуарием и сервитуодателем. При этом сервитут регистрируется в отношении всего земельного участка.

Такое нововведение значительно упрощает процедуру установления сервитута, поскольку отсутствие кадастрового учета земельного участка, на который устанавливается сервитут являлось серьезным препятствием как по времени, так и по материальным затратам.

Несмотря на это, отсутствие необходимости установления четких границ сервитута, что возможно только при выполнении кадастровых работ, делает возможным для недобросовестного сервитуария расширение сферы действия сервитута без необходимого разрешения. Кроме того, информация об обременении участка целиком (а не его части), содержащаяся в ЕГРН и отображающаяся на публичной кадастровой карте, может отрицательно повлиять на рыночный оборот земельных участков.

Вместе с тем, после принятия ФЗ-№ 341, при установлении публичного сервитута больше не требуется проведение публичных слушаний об установлении сервитута, для этого достаточно публичных слушаний по проекту планировки территории и проекту межевания территории.

Таким образом, мнение «общественности», в том числе собственника земельного участка о возможности установления публичного сервитута остается без внимания.

Таким образом, можно сделать вывод, что споры в земельных отношениях, которые касаются ограниченного права пользования чужими земельными участками чаще касаются публичных сервитутов, так как публичный сервитут имеет исключительно императивный характер и практически не зависит от воли собственника. Кроме того, ряд проблем, упомянутых выше также требует урегулирования земельным законодательством для минимизации споров и разногласий между сервитуарием и сервитуодателем.

### Литература

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 25.12.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019) // Собрание законодательства РФ, 29.10.2001, № 44, ст. 4147.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 21.12.2021) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система [Офф.сайт]. URL: <http://www.consultant.ru/>
3. Федеральный закон «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части упрощения размещения линейных объектов» от 03.08.2018 № 341-ФЗ (ред. от 03.08.2018) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система [Офф.сайт]. URL: <http://www.consultant.ru/>
4. Семенецков А. А. Предоставление земельных участков для строительства объектов нефтегазового комплекса, промышленности, транспорта, линий связи и электропередачи. (Практическое пособие для разработки землеустроительной и кадастровой документации). – 5-е изд. – Москва : Юнипресс, 2022, 673 с.
5. Краснова Т. С. Принудительность и автономия воли в сервитутном праве: дис. – СПб., 2017, 2017.
6. Кирилин А. В. Актуальные проблемы правового регулирования сервитутов в российском Гражданском праве / А. В. Кирилин // Актуальные проблемы частного права в условиях модернизации российского общества : Материалы научно-практической конференции, Тула, 16 ноября 2021 года. – Тула : Тульский государственный университет, 2022. – С. 129–132. – EDN LGYLEC.
7. Бредов Д. А. Соблюдение баланса частных и публичных интересов при установлении публичного сервитута / Д. А. Бредов, А. Г. Остапенко // Эпомен. – 2020. – № 42. – С. 49–57. – EDN IDTTWJ.

УДК 332.63:332.624

Кузьмина Карина Александровна,  
магистр  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: kuzminovakarina@yandex.ru

Kuzminova Karina Alexandrovna,  
Master's degree  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: kuzminovakarina@yandex.ru

## **РАЗРАБОТКА РАСШИРЕННОГО КЛАССИФИКАТОРА ДЛЯ ГРУППИРОВКИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПРИ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКЕ**

### **TITLE DEVELOPMENT OF AN EXTENDED CLASSIFIER FOR GROUPING OBJECTS OF CULTURAL NASDIUM DURING CADASTRAL EVALUATION**

В данной статье исследуются актуальные проблемы группировки объектов культурного наследия при кадастровой оценке. Приведены установленные в методических указаниях о государственной кадастровой оценке функциональные группы объектов недвижимости. Выявлено, что отнесение объекта к неверной оценочной группе влечет некорректное определение кадастровой стоимости объекта. Проанализирован опыт субъектов Российской Федерации при проведении группировки объектов культурного наследия. В статье представлен классификатор, сформированный на основании назначения объектов, для расширения структуры группировки объектов недвижимости при кадастровой оценке объектов культурного наследия.

*Ключевые слова:* кадастровая оценка, группировка объектов недвижимости, объекты культурного наследия.

This article explores the actual problems of grouping objects of cultural heritage in the cadastral valuation. The functional groups of real estate objects established in the guidelines on the state cadastral valuation are given. It was revealed that the assignment of an object to an incorrect evaluation group entails an incorrect determination of the cadastral value of the object. The experience of the subjects of the Russian Federation in the grouping of objects of cultural heritage is analyzed. The article presents a classifier, formed on the basis of the purpose of objects, to expand the structure of the grouping of real estate objects, which is necessary for the cadastral valuation of cultural heritage objects.

*Keywords:* cadastral valuation, grouping of real estate objects, objects of cultural heritage.



Определение кадастровой стоимости объектов недвижимости предполагается путем группирования объектов. В кадастровой оценке группировка объектов недвижимости является одним из важнейших этапов. Часто на этапе группировки государственные бюджетные учреждения (далее ГБУ) размещают на официальных платформах результаты группировки объектов недвижимости и просят жителей данного региона проверить эти результаты во избежание ошибок при определении кадастровой стоимости. При анализе решений о пересчете кадастровой стоимости наиболее частой ошибкой является отнесение объекта к неверной оценочной группе, поэтому данная тема актуальна для исследования. И, несмотря на разработанные в методических указаниях функциональные группы, большое количество вопросов вызывает необходимость группировки объектов культурного наследия (далее ОКН), ведь такие объекты имеют множество различий: по физическим характеристикам, по функциональному назначению и по виду объекта недвижимости. Существует необходимость в разработке классификатора ОКН, учитывающего все характеристики, влияющие на стоимость и способного упрощать работу ГБУ при группировке таких объектов.

Согласно Методическим указаниям о государственной кадастровой оценке (далее ГКО) при определении кадастровой стоимости используются методы массовой оценки, для которых необходимо объединять оцениваемые объекты недвижимости в группы [2]. Каждый объект оценки обладает некоторыми характеристиками, и при группировке объектов они влияют на отнесение объекта к той или иной группе. При схожих характеристиках объекты относят к одной группе, для которой в последующем будет смоделирована математическая модель расчета стоимости.

Однако зачастую схожие по некоторым характеристикам объекты могут иметь существенные отличия, для этого предусмотрено деление групп объектов на подгруппы.

В данной статье объекты культурного наследия рассматриваются только как объекты капитального строительства (далее ОКС), поэтому в первую очередь рассмотрим функциональные группы для ОКС, установленные в методических указаниях о ГКО.

Выделяют десять основных групп для объектов капитального строительства, каждая из которых имеет перечень установленных подгрупп. Десять основных групп представлены в табл. 1, и каждая имеет соответствующий код.

Таблица 1

**Функциональные группы по методическим указаниям о ГКО**

Функциональная группа	Группа
Группа 1. Многоквартирные дома (дома средне- и многоэтажной жилой застройки)	0100
Группа 2. Дома малоэтажной жилой застройки, в том числе индивидуальной жилой застройки – индивидуальные, малоэтажные блокированные (таунхаусы)	0200
Группа 3. Объекты, предназначенные для хранения транспорта	0300
Группа 4. Объекты коммерческого назначения, предназначенные для оказания услуг населению, включая многофункционального назначения	0400
Группа 5. Объекты временного проживания, включая объекты рекреационно-оздоровительного значения	0500
Группа 6. Административные и бытовые объекты	0600
Группа 7. Объекты производственного назначения, за исключением передаточных устройств и сооружений	0700
Группа 8. Учебные, спортивные объекты, объекты культуры и искусства, культовые объекты, музеи, лечебно-оздоровительные и общественного назначения объекты	0800
Группа 9. Прочие объекты	0900
Группа 10. Сооружения	1000

В результате анализа утвержденной группировки встает вопрос, как следует группировать объекты культурного наследия. Для начала рассмотрим сложившуюся в различных субъектах практику группировки объектов культурного наследия.

Представленные в таблице 1 функциональные группы могут быть расширены и трансформированы по результатам работы конкретных государственных бюджетных учреждений. Так в Москве согласно отчету о ГКО за 2021 год было увеличено число функциональных групп до 16 групп. Объекты культурного наследия разместили в группе 10 «Объекты социальной инфраструктуры» совместно с объектами: социальной защиты, физической культуры и спорта, учреждениям здравоохранения, образовательным учреждениям и так далее. В рамках данной группы была установлена подгруппа «Культура, Религия, Культовые объекты», для которой дополнительно были выделены объекты подгруппы, как показано в табл. 2.

Таблица 2

**Группировка объектов культурного наследия в ГБУ Москвы**

Группа	Подгруппа	Объекты подгруппы
10. Объекты социальной инфраструктуры	Культура, Религия, Культовые объекты	Церковь, Храм Монастырь Здания жилые усадебного типа и монастырские жилые здания Прочее Трапезная Часовни, молитвенные дома Колокольня Синагога Мечеть Здания жилые деревянные Культовые объекты

В Ленинградской области согласно отчету о ГКО за 2021 год группы объектов капитального строительства выделены в соответствии с методическими указаниями о ГКО. Объекты культурного наследия входят в группу 8 «Учебные, спортивные объекты, объекты культуры и искусства, культовые объекты, музеи, лечебно-оздоровительные и общественного назначения объекты». Данную

группу разделяют на подгруппы, и для ОКН формируют расширенный классификатор функционального использования объектов.

В отчете о ГКО Республики Алтай за 2021 год представлена аналогичная ситуации по группировке ОКН. Объекты культурного наследия входят в группу 8 согласно методическим указаниям о ГКО, однако далее объекты распределены по установленным подгруппам без разработки дополнительных классификаций.

В отчетах Санкт-Петербурга и Республики Башкортостан информация по группировке объектов культурного наследия не была представлена, поэтому такие объекты, вероятно, не были представлены к оценке в данных учреждениях или их группировка не производилась.

На рис.1 представлена схема группировки объектов культурного наследия согласно проанализированной практике бюджетных учреждений.

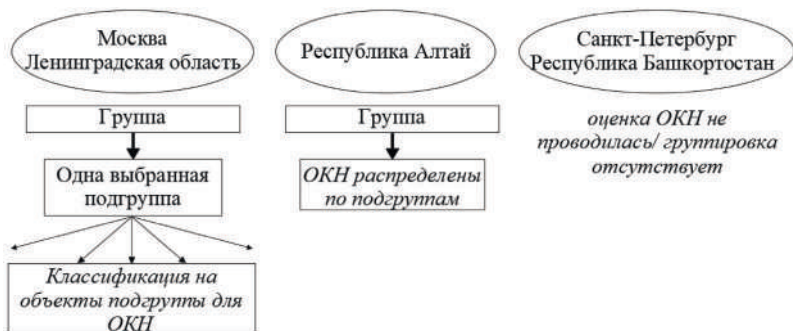


Рис. 1. Анализ группировки ОКН в регионах России

В результате анализа методик по группировке объектов культурного наследия в рамках кадастровой оценки различных субъектов Российской Федерации автором предлагается два возможных варианта группировки таких объектов.

Первый вариант: определять каждый объект культурного наследия в группу объектов, аналогичных по характеристикам, но не имеющих статус ОКН. Тогда объекты культурного наследия буду

распределены по всем функциональным группам и их подгруппам, и для них необходимо выделять дополнительные подгруппы, для каждой из которых разрабатывается своя модель расчета. Например, в группе 2 подгруппе «Дома индивидуальные» необходима дополнительная расширенная классификация, представленная на рис. 2.



Рис. 2. Выделение дополнительной подгруппы для ОКН

В таком случае расширенная классификация необходима в каждой установленной по методическим указаниям подгруппе, если такой объект культурного наследия представлен к оценке. Однако такой вариант группировки не учитывает в полной мере разновидности объектов культурного наследия и значительно усложняет структуру группировки объектов оценки.

Второй вариант: определить все объекты культурного наследия в одну группу, наиболее подходящей является группа 8 и далее определить объекты в подгруппу «Памятники архитектурные, монументы». Выделенную подгруппу расширить по функциональному назначению объектов.

Для установления видов объектов культурного наследия по назначению использовались сведения из Единого государственного реестра объектов культурного наследия и сборники укрупненных показателей стоимости ремонтно-восстановительных работ памятников истории и культуры.

В сборниках все стоимостные показатели представлены в виде классификации по типам объектов архитектурного наследия. Использовались такие сборники как: сборник «КО-ИНВЕСТ» и СУПС-87 Министерства культуры СССР.

В результате был сформирован расширенный классификатор для объектов культурного наследия, представленный на рис. 3.

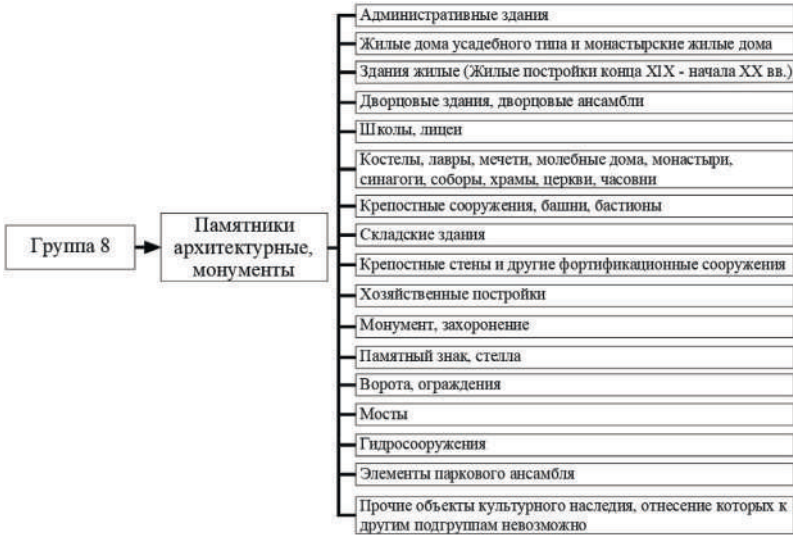


Рис. 3. Расширенный классификатор для группировки ОКН

Представленный выше классификатор не претендует на исчерпывающий, его возможно дополнять в зависимости от представленных к оценке объектов, однако основные и наиболее распространенные типы объектов культурного наследия были учтены при формировании перечня подгрупп. Использование такого классификатора позволит значительно улучшить качество кадастровой оценки стоимости объектов культурного наследия в России.

### Литература

1. Федеральный закон от 03.07.2016 № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» // М. : Право, 2016. – 100 с.
2. Приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке» // М. : Право, 2021. – 149 с.

**УДК 332.6**

*Моисеевкова Светлана Андреевна,*

студент

*Волков Никита Викторович,*

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: moiseenkova.svetlana@inbox.ru,  
volkov.nikita@yahoo.com*

*Moiseenkova Svetlana Andreevna,*

student

*Volkov Nikita Victorovich,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: moiseenkova.svetlana@inbox.ru,  
volkov.nikita@yahoo.com*

**ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЦЕНООБРАЗУЮЩИХ  
ФАКТОРОВ В ХОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ**

**FEATURES OF COLLECTION AND USE  
OF PRICE-FORMING FACTORS DURING  
THE STATE CADASTRAL VOLUATION**

В рамках статьи подробно рассмотрен порядок и этапы проведения государственной кадастровой оценки, даны основные определения. Особое внимание уделено этапам сбора исходных данных и формированию перечня ценообразующих факторов. Авторами статьи проиллюстрированы проблемные вопросы массовой оценки кадастровой стоимости на примере отчета об итогах государственной кадастровой оценки по Смоленской области. Показана возможность учета большего количества ценообразующих факторов, в рамках исследования подготовлен соответствующий перечень факторов. В соответствии с разработанным перечнем произведен сбор актуальной рыночной информации о значениях ценообразующих факторов. В результате анализа современного состояния проведения государственной кадастровой оценки сформулированы предложения по совершенствованию некоторых ее этапов.

*Ключевые слова:* государственная кадастровая оценка, порядок проведения государственной кадастровой оценки, ценообразующие факторы, классификация ценообразующих факторов, сбор рыночной информации.

Within the framework of the article, the procedure and stages of the state cadastral valuation are considered in detail, the main definitions are given. Special attention is paid to the stages of collecting initial data and forming a list of price-forming factors. The authors of the article illustrate the problematic issues of mass valuation of cadastral value by the example of the report on the results of the state cadastral assessment in the Smolensk region. The possibility of taking into account a larger number of price-forming factors is shown. An appropriate list of factors has been

prepared. In accordance with the developed list, up-to-date market information on the values of price-forming factors was collected. As a result of the analysis of the current state of the state cadastral valuation, proposals have been formulated to improve some of its stages.

*Keywords:* state cadastral valuation, the procedure for state cadastral valuation, price-forming factors, classification of price-forming factors, collection of market information.

В настоящее время определение кадастровой стоимости объектов недвижимости имеет большое значение. В частности, она необходима для расчета налога на недвижимое имущество. В качестве основной цели проведения государственной кадастровой оценки можно выделить определение кадастровой стоимости объектов недвижимости, максимально соответствующей их рыночной стоимости. Применяющиеся в массовой кадастровой оценке математические методы моделируют кадастровую стоимость в зависимости от значений набора ценообразующих факторов. При этом действующие нормативные документы содержат в себе лишь несколько ценообразующих факторов, которые рекомендуется учитывать, в то время как на практике на величину кадастровой стоимости, как правило, влияет большее число таких характеристик.

Государственная кадастровая оценка объектов недвижимости представляет собой совокупность процедур для определения кадастровой стоимости, установленная действующими нормативно-правовыми документами. В свою очередь кадастровая стоимость – это результат оценки объектов недвижимости, выполненный на определенную дату с учетом ценообразующих факторов [1].

Порядок проведения государственной кадастровой оценки представлен на рис. 1.

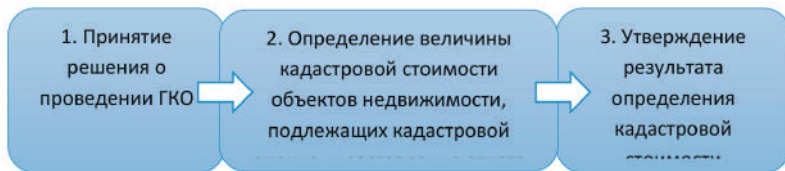


Рис. 1. Порядок проведения государственной кадастровой оценки



Основанием для проведения государственной кадастровой оценки является решение, принятое исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации. Например, в Смоленской области инициатором проведения государственной кадастровой оценки является Департамент имущественных и земельных отношений [2].

Далее бюджетное учреждение, наделенное полномочиями по определению кадастровой стоимости, определяет величину кадастровой стоимости объектов недвижимости, подлежащих кадастровой оценке. Именно на данном этапе составляется перечень ценообразующих факторов, которые могут влиять на величину кадастровой стоимости объектов недвижимости, и собираются сведения о значениях ценообразующих факторов посредством поиска рыночной информации об объектах-аналогах. Результатом проведения государственной кадастровой оценки является отчет об итогах такой работы, составленный соответствующим бюджетным учреждением.

Последним шагом является утверждение результата определения кадастровой стоимости уполномоченным органом субъекта Российской Федерации [1].

Как было сказано ранее, в процессе проведения государственной кадастровой оценки осуществляется анализ рынка объектов недвижимости, в результате которого формируется перечень ценообразующих факторов, условная классификация которых приведена на рис. 2.

В качестве источников информации о значениях ценообразующих факторов могут быть использованы данные организаций органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органов местного самоуправления, Росреестра, фонда данных государственной кадастровой оценки, различных цифровых топопланов и тематических карт, архивов и других открытых источников [3].

Приложение № 3 к Методическим указаниям о государственной кадастровой оценке содержит в себе примерный перечень ценообразующих факторов объектов недвижимости, который рекомендуется к использованию при определении кадастровой стоимости

таких объектов недвижимого имущества [4]. Однако многие бюджетные учреждения, наделенные полномочиями по проведению кадастровой оценки, ограничиваются, в лучшем случае, учетом лишь нескольких характеристик.

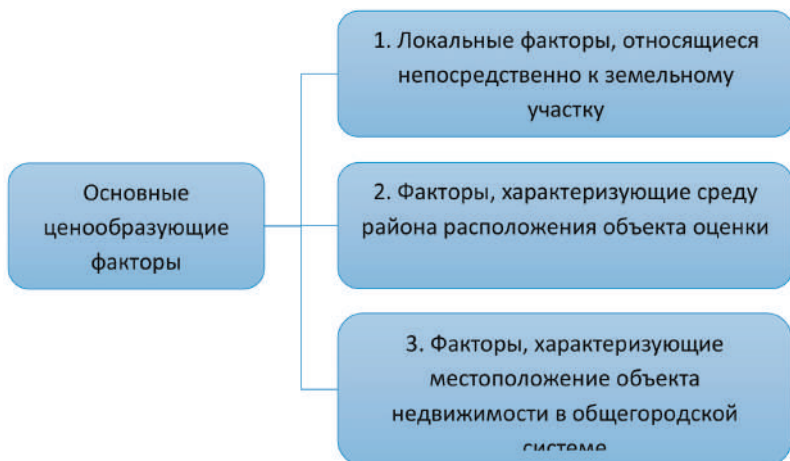


Рис. 2. Классификация основных ценообразующих факторов

Зачастую такая ситуация может быть связана с отсутствием соответствующей информации об объектах-аналогах. Так при определении кадастровой стоимости земельных участков, предназначенных для ведения садоводства и расположенных в городе Смоленске, учитывается только один ценообразующий фактор (рис. 3) расстояние до административного центра, который описывает местоположение объекта недвижимости без описания начальной и конечной точек измерения [5].

● Экспоненциальный:  $y = 966.0729388879357 \times e^{-0.0002869191604796958 \times F_1}$

Рис. 3. Уравнение статистической модели, используемое при определении кадастровой стоимости земельных участков для садоводства в городе Смоленске

Первоначальный перечень объектов-аналогов, представленный в Отчете об итогах государственной кадастровой оценки Смоленской области, содержит в себе 169 земельных участков, однако для построения указанной модели использовалось всего лишь 56 из них. В результате, более 66 % исходных данных не учитываются при построении модели без какого-либо обоснования.

В процессе исследования был произведен сбор сведений о значениях различных ценообразующих факторов с помощью открытых источников. Таким образом удалось найти данные для 65 объектов-аналогов, которые входили в состав упомянутого ранее перечня.

Сбор сведений производился непосредственно из предложений продажи, в которых приведено описание земельных участков, в результате чего удалось собрать информацию о наличии или отсутствии подключения к сетям инженерного обеспечения – водоснабжения, газоснабжения и электроснабжения. Пример одного из таких объявлений приведен на рис. 4.

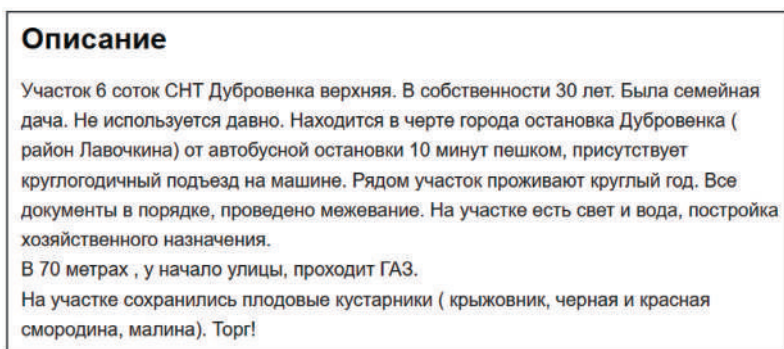


Рис. 4. Пример предложения продажи земельного участка, предназначенного для ведения садоводства

При наличии сведений о кадастровом номере или местоположении земельного участка было определено расстояние от объекта-аналога до значимых объектов, которые могут влиять на формирование величины кадастровой стоимости – водных объектов и остановок общественного транспорта.

В результате чего удалось произвести сбор сведений о значениях 9 ценообразующих факторов. На основе статистической обработки исходных данных, применив t-критерий (критерий Стьюдента), был получен уровень надежности ценообразующих факторов. После чего был рассчитан уровень значимости таких характеристик как «1 – уровень надежности» (см. таблицу).

#### Оценка влияния переменных на величину стоимости

Ценообразующий фактор	Уровень значимости
Площадь земельных участков	0,06
Расстояние до административного центра	0,01
Расстояние до водоема на авто	0,20
Расстояние до водоема пешком	0,03
Наличие подключения к сетям газоснабжения	0,52
Наличие подключения к сетям водоснабжения	0,30
Наличие подключения к сетям электроснабжения	0,50
Расстояние до остановки общественного транспорта на авто	0,02
Расстояние до остановки общественного транспорта пешком	0,05

Если значение уровня значимости ценообразующего фактора равно или менее 0,05, то говорят о его значимости. Из чего следует, что большинство ценообразующих факторов оказывают влияние на формирование величины кадастровой стоимости земельных участков для садоводства в городе Смоленск.

Несомненно, использование объявлений продажи в качестве источника сведений о значениях ценообразующих факторов не является правильным решением, так как они могут содержать недо-

стоверную или неполную информацию. Тем не менее такие материалы находятся в общем доступе и могут служить дополнительным инструментом для поиска какой-либо информации о ценообразующих факторах.

Из всего вышесказанного следует, что существуют следующие проблемы в учете ценообразующих факторов при определении кадастровой стоимости объектов недвижимости:

- отсутствуют требования к минимальному количеству используемых ценообразующих факторов. Даже при наличии достаточного объема сведений о значениях нескольких ценообразующих факторов часть из них не используется;

- отсутствуют требования к объему, качеству и полноте собираемой информации. Необходимо учитывать, что часть ценообразующих факторов может не влиять на стоимость, а больший объем исходной информации позволит эффективно ей воспользоваться.

В результате исследования можно сделать вывод, что не всегда процедура проведения государственной кадастровой оценки осуществляется научно обоснованно в отношении сбора исходных данных и формирования перечня учитываемых ценообразующих факторов. Необходимо разработать общие принципы и требования к выполнению таких этапов проведения государственной кадастровой оценки с учетом региональных особенностей.

### **Литература**

1. Федеральный закон «О государственной кадастровой оценке» от 03.07.2016 № 237-ФЗ.
2. Государственная кадастровая оценка // Департамент имущественных и земельных отношений Смоленской области URL: <https://depim.admin-smolensk.ru/deiatelnost/gosudarstvennaya-kadastrovaya-ocenka/> (дата обращения: 02.03.2023).
3. Приказ Министерства экономического развития России «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке» от 07.06.2016 № 358.
4. Приказ Росреестра «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке» от 04.08.2021 № П/0336.
5. Отчет об итогах государственной кадастровой оценки земельных участков, расположенных на территории Смоленской области по состоянию на 02.03.2023 г. от 21.10.22 № 01–2022.

**УДК 332.6**

*Рыкова Александра Андреевна,*

студент

*Волков Никита Викторович,*

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: Aleksandra.rykova.26062001@mail.ru,*

*volkov.nikita@yahoo.com*

*Rykova Aleksandra Andreevna,*

student

*Volkov Nikita Viktorovich*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: Aleksandra.rykova.26062001@mail.ru,*

*volkov.nikita@yahoo.com*

**ПРОБЛЕМЫ ОТБОРА ЦЕНООБРАЗУЮЩИХ  
ФАКТОРОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ  
КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ**

**PROBLEMS OF CHOOSING PRICE-FORMING FACTORS  
FOR CREATING CADASTRAL VALUE MODELS**

В данной статье выявлены недостатки отбора ценообразующих факторов для создания модели кадастровой стоимости на примере модели оценочной группы «ИЖС» населенного края. Модель взята из отчета об итогах государственной кадастровой оценки объектов Хабаровского края за 2021 год. Главной проблемой является неиспользование достаточно влияющих ценообразующих факторов в статистической модели, что не объясняется в отчете о государственной кадастровой оценке. Модель построена с использованием трех ценообразующих факторов. Для анализа влияния факторов на стоимость земельных участков были рассчитаны уровни надежности на преобразованных данных о семи ценообразующих факторах.

*Ключевые слова:* кадастровая стоимость, статистическая модель, ценообразующие факторы, корреляционно-регрессионный анализ.

This article reveals the shortcomings of the selection of price-forming factors for creating a model of cadastral value on the example of the model of the evaluation group “IHS” of the populated region. The model is taken from the report on the results of the state cadastral assessment of objects of the Khabarovsk Territory for 2021. The main problem is the non-use of sufficiently influencing price-forming factors in the statistical model, which is not explained in the report on the state cadastral valuation. The model is constructed using three price-forming factors. To analyze the influence of factors on the value of land plots, reliability levels were calculated on the transformed data on seven price-forming factors.

*Keywords:* cadastral value, statistical model, pricing factors, correlation and regression analysis

Государственная кадастровая оценка (ГКО) земель населенных пунктов носит массовый характер и проводится с целью определения кадастровой стоимости земельных участков [1]. Расчет кадастровой стоимости осуществляется на основе ценообразующих факторов. Наиболее распространенным при проведении государственной кадастровой оценки среди методов статистического анализа считается корреляционно-регрессионное моделирование. В результате необходимо получить математическую формулу связи зависимой переменной (кадастровой стоимости) и значений независимых (ценообразующих факторов) – статистическую модель [2].

Примерный перечень ценообразующих факторов для оценки земельных участков приведен в приложении 3 к методическим указаниям о государственной кадастровой оценке [3]. Отказ от рассмотрения указанных факторов должен быть обоснован. В статистическую модель включаются ценообразующие факторы с высоким влиянием.

Как правило, показателем высокого влияния является высокое значение коэффициента надежности (значимости). Оценщики с помощью корреляционного и регрессионного анализа устанавливают значимость ценообразующих факторов, а также рассчитывают другие статистические показатели модели.

Выбранный состав ценообразующих факторов для построения модели должен приводить к максимальному значению коэффициента детерминации с соблюдением пороговых значений всех статистических показателей модели.

Для анализа взята модель оценочной группы «ИЖС» из отчета Хабаровского края за 2021 год. Для построения модели использованы три ценообразующих фактора – расстояние от населенного пункта до столицы субъекта, расстояние от населенного пункта до центра муниципального района, уровень развитости населенного пункта. Модель представлена на рисунке.

В приложениях к отчету содержится рыночная информация обо всех объектах, входящих в выборку для построения модели оценочной группы «МЖС»; бюджетным учреждением проведено оценочное зонирование данной территории, которое представлено в текстовом и графическом виде.

$$\begin{aligned} \text{УПКС} = & \\ 51.298779703159 * e^{(+0.000000715655055459451 * ((541000.00 + 1000.00 - & \\ \text{Расстояние от населенного пункта до столицы субъекта, м))} & \\ + & \\ 0.00000258994965651489 * ((203000.00 + 0.00 - \text{Расстояние от населенного} & \\ \text{пункта до центра муниципального района, м))} & \\ + & \\ 0.535908429491999 * ([\text{Уровень развитости НП}]) & \end{aligned}$$

Модель оценочной группы «МЖС»  
Хабаровского края

На основе анализа оценочной группы и построенной модели выявлены недостатки отбора ценообразующих факторов:

- Не учтен количественный ценообразующий фактор из рекомендуемых методическими указаниями о государственной кадастровой оценке – площадь земельного участка. В современной практике принято считать, что стоимость земельного участка имеет выраженную тенденцию к снижению с увеличением площади земельного участка, однако это не учитывалось при построении исследуемой модели.

- Не учтены некоторые качественные факторы. В рыночных данных содержится информация о водоснабжении, водоотведении; наличии теплоснабжения; типе покрытия автомобильной дороги и другое.

- Оценочное зонирование не используется для построения модели кадастровой стоимости. Ценовые зоны с большой вероятностью будут иметь сильное влияние на стоимость земельных участков.

Перечисленные выше пункты об отказе ценообразующих факторов не обоснованы в отчете об итогах государственной кадастровой оценки объектов Хабаровского края за 2021 год, что является явным недостатком. Необходимо проанализировать не учтенные факторы на наличие достаточного влияния для возможности включения их в модель кадастровой стоимости, и соответственно, совершенствования этой модели. Для обоснованного выбора факторов, которые будут включены в модель, используется уровень надежности и уровень значимости. При уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ,



уровень надежности равен 0,95. Факторы, имеющие логичность знаков в коэффициентах, уровень надежности 0,95 и выше следует включать в модель, но существуют допущения, когда факторы с более низким уровнем надежности могут быть включены в модель. На основе статистической обработки исходных данных, используя  $t$ -критерий (критерий Стьюдента), был рассчитан уровень надежности и уровень значимости ценообразующих факторов.

Исходные данные по ценообразующим факторам преобразованы следующими способами [4]:

- кодирование («0») присваивается для основного значения, с которым сравниваются все остальные, а итоговое количество переменных принято  $(n-1)$ , где  $n$  – количество значений признака);
- бинарное кодирование (наличия определенного признака у оцениваемого земельного участка, присваивается значение «1», в противоположном случае – «0»);
- экспоненциальное преобразование (определенная экспоненциальная функция влияющего аргумента входит показателем степени регрессионного коэффициента).

Для построения корреляционной матрицы взяты следующие ценообразующие факторы:

- $x_1$  – расстояние от населенного пункта до столицы субъекта, м. (рассчитанное по модели);
- $x_2$  – расстояние от населенного пункта до центра муниципального района, м. (рассчитанное по модели);
- $x_3$  – уровень развитости НП (кодирование);
- $x_4$  – площадь,  $m^2$  (экспоненциальное преобразование);
- $x_5$  – наличие водоснабжения, водоотведения (бинарное кодирование);
- $x_6$  – дорожное покрытие (бинарное кодирование);
- $x_7$  – ценовые зоны (от оценочного зонирования).

На ценообразующих факторах  $x_1, x_2, x_3$  построена анализируемая модель, факторы  $x_4, x_5, x_6, x_7$  дополнительные, исходная информация о них взята из приложения к отчету ГКО.

В таблице представлены коэффициенты регрессии и уровни надежности по исследуемым ценообразующим факторам.

Корреляционная матрица

	Коэффициенты регрессии	СКО коэффициентов	t-статистики	Уровень надежности	Уровень значимости	Модельные коэффициенты
Базовая ставка	5,372356	0,054485	98,602173	<b>0,99</b>	0,01	215
X1: Расстояние от населенного пункта до столицы субъекта, м	0,027208	0,031301	0,869236	<b>0,6</b>	0,4	1,028
X2: Расстояние от населенного пункта до центра муниципального района, м	0,086105	0,028308	3,041752	<b>0,99</b>	0,01	1,090
X3: «1» – Уровень развитости НП	-0,545013	0,092738	5,876944	<b>0,99</b>	0,01	0,580
X3: «3» – Уровень развитости НП	0,379934	0,039958	9,508311	<b>0,99</b>	0,01	1,462
X4: Площадь объекта аналога, кв. м	0,054982	0,031895	1,723838	<b>0,91</b>	0,09	1,057
X5: «да» – Водоснабжение, водоотведение	0,017574	0,024571	0,715230	<b>0,5</b>	0,5	1,018
X6: «асфальт» – Тип покрытия автомобильной дороги	0,048455	0,030365	1,595740	<b>0,8</b>	0,2	1,050
X7: «1» – Ценовая зона	0,198659	0,031457	6,315289	<b>0,99</b>	0,01	1,220
X7: «3» – Ценовая зона	-0,155437	0,025454	6,106504	<b>0,99</b>	0,01	0,856

Существует достаточно много способов преобразования данных ценообразующих факторах, при применении которых можно достичь достаточного влияния факторов на зависимую переменную. Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что ценообразующие факторы  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_7$  имеют уровень надежности более 0,95, но факторы с уровнями надежности 0,91 и 0,8 ( $x_4$  и  $x_6$  соответственно) улучшают статистические показатели модели, поэтому можно включить данные факторы в модель. Факторы  $x_1$  и  $x_5$  имеют низкие значения уровней надежности – их следует исключить из модели, или же вернуться на этап преобразования исходной информации.

Резюмируя все выше сказанное, можно сделать вывод о необходимости совершенствования процедуры проведения государственной кадастровой оценки в Российской Федерации. Рассмотренный пример иллюстрирует некоторые недостатки построения математических моделей, применяемых в массовой оценке.

В результате работы предложены следующие рекомендации:

- Необходимо научно обосновывать исключение ценообразующих факторов из разрабатываемой модели.
- Необходимо анализировать эффективность применения различных способов преобразования исходных данных по ценообразующим факторам.
- Необходимо при наличии данных оценочного зонирования включать этот фактор в качестве ценообразующего в разработке модели при достаточном влиянии этого фактора на стоимость объекта недвижимости и при соблюдении пороговых значений остальных статистических показателей модели.

Применение предложенных рекомендаций позволит улучшить эффективность государственной кадастровой оценки в Российской Федерации.

#### **Литература**

1. Забугин Н. Н., Юрченко К. А. Ведение государственного кадастра недвижимости в муниципальном образовании (районе, городе): учебно-методическое пособие. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – 128 с.

2. *Радченко С. Г.* Методология регрессионного анализа: монография. – Киев: Корнийчук, 2011. – 376 с.

3. Приказ Росреестра «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке» от 04.08.2021 № П/0336.

4. *Волкова Я.* Метод территориально-временной экстраполяции рыночных данных для кадастровой оценки в условиях малоразвитого рынка земель (на примере земель индивидуальной жилой застройки) / Я. Волкова // дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: 2018. – 171 с.

УДК 725.4.012

*Валиахметова Элина Рафаэлевна,*  
студент

*Скачкова Мария Евгеньевна,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский  
горный университет)

*E-mail: valiahmetova1919@.ru,*  
*warlock900082@mail.ru*

*Valiakhmetova Elina Rafaelevna,*  
student

*Skachkova Maria Evgenievna,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg  
Mining University)

*E-mail: valiahmetova1919@.ru,*  
*warlock900082@mail.ru*

## **АДАПТИВНОЕ ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ, ИМЕЮЩИХ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ**

### **ADAPTIVE REUSE OF INDUSTRIAL BUILDINGS WITH HISTORICAL AND CULTURAL POTENTIAL**

Эпоха индустриализации оставила после себя множество промышленных комплексов и инженерных сооружений, большинство из которых в настоящее время являются заброшенными, не эксплуатируемыми в виду функционального износа объектов. Адаптивное повторное использование промышленных зданий является одним из решений данного вопроса, позволяющим сохранить и защитить объекты индустриального наследия от разрушений. В рамках исследования данной тематики рассмотрена история промышленной архитектуры, отображены проблемы использования промышленных зданий, возникшие в результате перехода к постиндустриализации, а также изучены возможные пути конверсии и факторы, препятствующие адаптивному использованию.

*Ключевые слова:* адаптивное повторное использование, реновация, конверсия, объекты промышленной архитектуры, индустриальное наследие.

The era of industrialization left behind many industrial complexes and engineering structures, most of which are currently abandoned, not operated due to the functional wear of objects. Adaptive reuse of industrial buildings is one of the solutions to this issue, allowing and protecting objects of industrial heritage from destruction. As part of the study of this topic, the history of industrial architecture is considered, the problems of using industrial buildings that arose as a result of the transition to post-industrialization are displayed, as well as possible conversion paths and factors that hinder adaptive use are studied.

*Keywords:* adaptive reuse, renovation, conversion, objects of industrial architecture, industrial heritage.

Объекты культурного наследия являются уникальным богатством и достоянием не только отдельной страны, но и всего мира, так как служат своеобразным зеркалом, отражающим все исторические процессы развития человечества на протяжении многих веков.

В настоящее время большое количество объектов культурного наследия находятся в удручающем состоянии, разрушаются от времени или в результате человеческой деятельности. Несмотря на всю признанную значимость и важность объектов культурно-исторического наследия, злободневной проблемой всемирного масштаба остается их защита и сохранение для будущих поколений [1].

Генеральной ассамблеей ООН в 2015 году разработаны 17 взаимосвязанных глобальных целей в области устойчивого развития (SDG), среди которых выделяется 11 цель: «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов». Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач, одной из которых является активизация усилий по защите и сохранению всемирного культурного наследия. Данная стратегия признана общемировым планом, которому следует придерживаться всем государствам, дабы обеспечить устойчивое развитие мира.

В Российской Федерации цели защиты и сохранения таких объектов имеют поддержку на государственном уровне. В настоящее время принимаются нормативно-правовые акты, официально закрепляющие приоритеты защиты культурного наследия в качестве государственной политики.

Так, согласно распоряжению Правительства РФ от 31.12.2020 № 3684-р «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы)» определены области научных знаний, в рамках которых выделены научные задачи и ожидаемые результаты в ближайшее десятилетие. Например, в направлении «Строительство и архитектура» базовые научные направления, которые требуют проведения научных исследований в рамках области архитектуры и градостроительства, включают в себя содействие восстановлению и сохранению культурно-исторического наследия городов,

созданию культурных и художественно-эстетических ценностей, а также достижение высокого уровня качества городской среды при сохранении его исторического убранства и самобытного облика.

Под объектами культурного наследия понимается совокупность объектов материальной культуры, возникшая в результате исторических событий и представляющая собой ценность. В качестве таких объектов выступают произведения скульптуры и живописи, монументального и декоративно-прикладного искусства, науки и архитектуры [2].

Особое внимание среди объектов культурного наследия занимают индустриальные промышленные комплексы. Промышленные здания являются одной из важных типологических единиц, которые демонстрируют научно-технологическое развитие страны через свою архитектуру. Нижнетагильская хартия промышленного наследия, принятая на Конгрессе ТИССИН в 2003 году, определяет их как остатки промышленной культуры, представляющие историческую, социальную, архитектурную или научную ценность. Эти остатки состоят из зданий и механизмов; мастерских, мельниц и фабрик; шахт и площадок для переработки и рафинирования, складов и хранилищ; места, где генерируется, передается и используется энергия; транспорт и вся его инфраструктура. Это тот исторический след, что оставила нам эпоха промышленной революции, которая длилась в России практически на протяжении трех столетий.

В результате глобальных технологических процессов в последние десятилетия наблюдается исчезновение промышленного производства, которое раньше определяло мощь и сильные позиции городов. Здания когда-то, принадлежащие промышленным комплексам опустели, потеряв свое первоначальное назначение. Многие заброшенные и неиспользуемые промышленные объекты остались в центральных районах городов, создавая вокруг себя депрессивные районы. Зачатую такие здания подлежали сносу за ненадобностью, однако в 1960-х годах было предложено новое решение, позволяющее вдохнуть жизнь в заброшенные промышленные объекты [3].

Нововведения начались в 1962 году в Англии. После сноса станинного вокзала Юстон, Лондон охватила волна протестов против разрушения исторических построек эпохи промышленной революции, являющихся символом триумфа английской индустриальной культуры. С 1970-х годов начался пересмотр всей городской структуры, перепланировка центральных районов города, освоение деградирующих зон индустриальных объектов. Заброшенные и забытые промышленные территории стали рассматриваться не только как площадку для нового строительства, но и как потенциально привлекательные зоны для развития экономических и социальных инфраструктур города, подходящие для выполнения архитектурно-художественных задач. Так зародилось такое понятие как адаптивное повторное использование, выраженное в стремлении к сохранению объектов индустриального наследия.

Под термином «адаптивное повторное использование» понимается перечень мероприятий, направленных на восстановление и реновацию здания, а также его конверсионный переход от бывшего назначения к новому, более эффективному. Таким образом, здание сохраняет свой первоначальный облик, но при этом обретает новое функциональное назначение, востребуемое в современных тенденциях развития района или города.

Адаптивное повторное использование предлагает более эффективный и действенный процесс обращения со зданиями, чем снос. Это связано с тем, что он считается более безопасным, поскольку снижает количество помех из-за опасных материалов, загрязненной земли и риска падения материалов и пыли [4].

Адаптированные здания имеют самую разнообразную функциональную программу и заполняют пробелы в функционировании других социально-культурных учреждений в городах, а также способствуют более устойчивому городскому развитию и устранению неблагоприятных явлений, таких как сокращение или разрастание городов.

Такие здания часто перестраиваются для использования в качестве бизнес-центров, жилых комплексов или комбинированных жилищно-офисных комплексов, а также музеев, художественных



выставок, библиотек, кинотеатров, креативных пространств и других общественно и культурно значимых учреждений [5].

В последние годы адаптивное повторное использование промышленного наследия стало обычной практикой во все большем числе городов по всему миру. Россия не стала исключением, после распада СССР в 1991 году многие промышленные предприятия также оказались бесхозными и забытыми. С 2000-х гг. наблюдается рост интереса к проблемам индустриального наследия, переосмысление его функционального назначения и увеличение числа адаптаций.

Одним из наиболее удачных и быстро обретших популярность проектов реновации промышленного наследия Санкт-Петербурга является «Севкабель Порт». Начало его строительства датируется 1879 годом, когда Телеграфно-строительную компанию «Сименс и Гальске» пригласили в столицу Петербург для прокладки электрической телеграфной линии. После перехода к советской власти предприятие было переименовано в «Северный кабельный завод». В 1990-е годы завод продолжил свою работу и по сей день выпускает и разрабатывает новые продукты.

В 2014 году руководство завода приняло решение о модернизации производства и сокращения издержек, вследствие чего площадь занимаемой территории стала более компактной и освободилась большая территория, которой в 2018 году было открыто креативное пространство «Севкабель Порт».

На территории и в пространствах Порта проходит более 600 событий в год: образовательные программы, спектакли, концерты, выставки, спортивные занятия, кинопоказы и музыкальные фестивали. При адаптации завода была сохранена первоначальная краснокирпичная кладка XIX века, а также экстерьеры пространства декорированы большими деревянными катушками, отсылающими нас к истории этого места [6].

Другими примерами адаптивного повторного использования служат: казенный очистной винный склад № 4 Министерства финансов, адаптированный под деловой центр «Обводный Двор», остров «Новая Голландия», ставший культурным парком и креативным

пространством, главный газовый завод Общества столичного освещения, переоборудованный под планетарий и т. д.

Несмотря на все положительное влияние повторного использования, адаптация происходит довольно медленно. Только малая часть от всего культурного индустриального наследия была реконструирована и изменила свои функции. На это влияет ряд причин.

Во-первых, адаптивное повторное использование существующих зданий сопряжено с неопределенностями и рисками, поскольку немногие адаптированные здания могут соответствовать стандартам устойчивости. Производительность адаптированного здания вряд ли может конкурировать с характеристиками нового здания, например, ожидаемый срок службы материалов, эксплуатационные расходы, соответствие современным строительным нормам и т. д. Изношенные конструкции зданий могут потребовать высокого уровня обслуживания и ремонта, что может привести к высоким капитальным затратам и быть экономически невыгодным [7].

Во-вторых, возникает сложность реконструкции и преобразования старого здания. Пространство претерпевает функциональный износ и не отвечает современным требованиям обслуживания здания. Например, повышается трудозатратность при установке кондиционеров, следовательно, растут временные и финансовые затраты [8].

Таким образом, финансовые стимулы могут стать противодействующей силой адаптивного повторного использования. Чтобы стимулировать адаптивное повторное использование промышленных зданий, Правительству следует пересмотреть текущую политику и разработать привлекательные стимулирующие инструменты [9].

Многие архитекторы считают, что приспособление старых зданий менее престижно и сужает их творческие возможности по сравнению со строительством нового здания. Тем не менее наложенные ограничения могут приводить к новым результатам и инженерным мыслям. Помимо этого, индустриальное наследие может вызывать ощущение, что оно старое и неэффективное, а новый, с нуля запланированный объект лучше и качественнее.

Однако на данный момент есть признаки того, что это мышление меняется, поскольку средств на реконструкцию и повторное

использование зданий тратится больше, чем на строительство новых объектов, при этом повторное использование становится все более заметной стратегией. Ведь исторические промышленные объекты и прилегающие к ним территории стали неотъемлемой частью городского пространства, напоминающей о периоде становления индустриальной культуры страны, и дают ценное представление о ее индустриальном прошлом.

### Литература

1. Дьячкова И. С. Проблемы охраны и учета объектов культурного наследия Оренбургской области и города Оренбурга / И. С. Дьячкова, В. П. Петрищев // Молодой ученый. – 2017. – № 15(149). – С. 240-244. – EDN YLNTAH.
2. Быкова Е. Н. Применение экономико-математических методов для моделирования размера территории объектов культурного наследия (на примере города Оренбурга) / Е. Н. Быкова, И. С. Дьячкова // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65, № 2. – С. 209–220. – DOI 10.30533/0536-101X-2021-65-2-209-220/
3. Nowogonska B. Consequences of abandoning renovation: Case study-neglected industrial heritage building. Sustainability (Switzerland). 2020. V. 12(16). Doi:10.3390/su12166441/
4. Быкова Е. Н., Хайкин М. М., Шабалева Ю. И., Белобородова М. Д. Развитие методологии экономической оценки земельных участков для добычи и переработки твердых полезных ископаемых // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 52–67. DOI: 10.31897/PMI.2023.6/
5. Węclawowicz-Gyurkovich E. To demolish or preserve for posterity. [Wyburzać czy zachować dla przyszłości] Wiadomosci Konserwatorskie. 2020. V. 2020(62), pp. 85–96. doi:10.48234/WK62POSTERITY/
6. Potseshkovskaya I. V., Soroka A.N. Revitalization of urban industrial areas based on sustainable development principles. E3S Web of Conferences. Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2021. 2021. V. 266. Doi.org/10.1051/e3sconf/202126608012/
7. Citron R. S. Urban regeneration of industrial sites: Between HERITAGE PRESERVATION and GENTRIFICATION. Paper presented at the WIT Transactions on the Built Environment. 2021. V. 203, pp. 263–273. Doi:10.2495/STR210221.
8. Marinina, O., Kirsanova, N., & Nevskaya, M. Circular economy models in industry: Developing a conceptual framework. Energies. 2022. V. 15(24). Doi:10.3390/en15249376.
9. Прокопенко Е. Ю. О роли отдельных государственных инициатив в области развития капиталоемких проектов / Е. Ю. Прокопенко // . – 2015. – Т. 2, № 1. – С. 52–57.

УДК 332.2:332.7

*Чобит Татьяна Павловна,*

студент

*Волков Никита Викторович,*

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: chobit2001@yandex.ru,*

*Volkov.nikita@yahoo.com*

*Chobit Tatiana Pavlovna,*

student

*Volkov Nikita Victorovich,*

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: chobit2001@yandex.ru,*

*Volkov.nikita@yahoo.com*

## **ВОЗМЕЩЕНИЕ ПРИ ВРЕМЕННОМ ЗАНЯТИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ**

### **COMPENSATION FOR TEMPORARY OCCUPATION OF PARCELS**

В рамках статьи рассмотрен порядок возмещения при временном занятии земельных участков. Проанализированы основные нормативные документы, регулирующие процедуру возмещения убытков, в том числе упущенной выгоды. В статье подробно разобраны основные термины и формулировки предметной области темы исследования, а также указаны неточности, встречающиеся в нормативных документах. Описаны процедура и этапы определения размеров возмещения, приведен перечень убытков при определении состава убытков. Проиллюстрированы несовершенства законодательства, регулирующего возмещение правообладателям земельных участков, на примере судебного дела. Авторами разобраны решения суда, приведены разъяснения, в отношении неудовлетворенных требований сторон. Разработаны предложения для решения выявленных проблем, обусловленных недостаточным регулированием нормативно-правовой базой.

*Ключевые слова:* временное занятие, возмещение убытков, упущенная выгода.

Within the framework of the article, the procedure for compensation for temporary occupation of parcels is considered. The main regulatory documents regulating the procedure for compensation of losses, including lost profits, are analyzed. The article analyzes in detail the main terms and formulations of the subject area of the research topic, as well as the inaccuracies found in regulatory documents. The procedure and stages of determining the amount of compensation are described, a list of losses is given. The imperfections of the legislation regulating compensation to the rightholders of land plots are illustrated by the example of a court case. The authors

analyzed the court decisions, provided explanations regarding the unsatisfied claims of the parties. Proposals have been developed to solve the identified problems caused by insufficient regulation of the regulatory framework. symbols at least).

*Keywords:* temporary occupation, compensation for losses, lost profit.

В современном развивающемся мире строительство объектов капитального строительства является непрерывным процессом. Интенсивное развитие экономики нашей страны приводит к увеличению необходимости освоения незастроенных территорий. Размещение объектов, планируемых к строительству, сопровождается процедурой образования и оформления земельных участков. Часто случается, что при строительстве объекта невозможно не затронуть права третьих лиц – правообладателей земельных участков, расположенных вблизи или непосредственно на территории места размещения планируемого объекта. В таком случае прибегают к процедуре изъятия или временного занятия земельных участков. Участки изымаются или для государственных и муниципальных нужд, или же в целях комплексного освоения развития территории. Решение о временном занятии земельного участка применяется для проведения в его пределах инженерных изысканий, ремонтных работ и строительства объектов на определенный срок.

В настоящее время в законодательстве не существует четкого определения понятия «временное занятие земельного участка». Также, было замечено, что в действующих на сегодня законодательных актах утратили силу статьи и пункты, в которых содержалась формулировка временного занятия. Так, пунктом 26 Федерального закона от 03.08.2018 № 341-ФЗ «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части упрощения размещения линейных объектов» внесены изменения в 57 статью ЗК РФ, а именно из пунктов, в которых ранее упоминалось временное занятие, исключить данную формулировку. Вероятно, теперь обсуждаемое понятие можно причислить к понятию «ограничение прав», присутствующих в тех же актах. Однако, на практике процедура временного занятия участков широко используется, но

по причине недостаточного нормативно-правового регулирования во многих случаях заканчивается судебными разбирательствами.

Согласно пункту 1 статьи 57 Земельного Кодекса Российской Федерации ограничение прав собственников земельных участков землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков должно сопровождаться возмещением упущенной выгоды и убытков, причиненных вследствие такого ограничения [1]. В соответствии со статьей 15 Гражданского Кодекса Российской Федерации убытки – это затраты, которые понесет лицо, право которого было нарушено, для восстановления такого права [2]. Под упущенной выгодой понимают доходы от использования земельного участка, которые лицо могло бы получить, но не получило в связи с ограничением права. Порядок возмещения определяется соглашением о возмещении убытков, которое заключается между правообладателем и лицом, за счет которого осуществляется возмещение [3]. В качестве приложения к соглашению прикладывается отчет об определении размера возмещения, подготавливаемый оценщиками. Так как данная процедура не является основным видом оценочной деятельности, недостаточно углубленные знания в узких сферах оценщика приводят к трудностям при определении размера выплаты. Это может проявляться в несогласии правообладателей участков с размером возмещения упущенной выгоды, что нередко приводит к судебным спорам.

В настоящее время наиболее важным документом, регулирующим порядок возмещения, является Положение о возмещении убытков при ухудшении качества земель, ограничении прав собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков, а также правообладателей, расположенных на земельных участках объектов недвижимости, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 27 января 2022 года № 59 (далее – Положение). В Положении определены состав и размер убытков, требования к заключению соглашения о возмещении.

Процедура определения размера возмещения в целом выглядит следующим образом:

- I этап. Сбор и анализ информации;
- II этап. Определение состава убытков;
- III этап. Осуществление расчетов;
- IV этап. Подготовка заключения о размере возмещения.

На I этапе собираются данные, которые характеризуют экономические, социальные, экологические, правовые и другие факторы, влияющие на размер возмещения, а также рассматриваются дополнительные исходные данные: правоустанавливающие документы, финансовая отчетность и т. д. Также, необходимо установить документ-основание для определения возмещения. В соответствии с Положением основаниями возмещения убытков являются решения суда или соглашения: о выкупе земельного участка, о предоставлении возмещения за прекращение прав на земельный участок, о возмещении убытков.

II этап включает в себя выявление конкретного перечня убытков в зависимости от обстоятельства, которое привело к нарушению права. Состав убытков определяется в соответствии с Положением. В таблице представлен перечень убытков, учитываемых при определении размера возмещения:

**Перечень убытков при определении  
состава убытков**

В состав убытков, причиненных вследствие ухудшения качества земель, включаются:	В состав убытков причиненных вследствие ограничения прав правообладателя земельного участка включаются:
убытки, исходя из стоимости подготовки и осуществления рекультивации и мелиорации земель;	убытки, связанные с уменьшением рыночной стоимости объекта недвижимости;
убытки в размере рыночной стоимости объектов недвижимости, расположенных на земельном участке;	убытки в виде расходов на приведение хозяйственной деятельности в соответствие с возникшими ограничениями;

Окончание таблицы

В состав убытков, причиненных вследствие ухудшения качества земель, включаются:	В состав убытков причиненных вследствие ограничения прав правообладателя земельного участка включаются:
убытки, понесенные в случае невозможности полного восстановления полезных свойств почвы;	убытки за поврежденные неотделимые улучшения;
убытки, понесенные вследствие простоя хозяйственной деятельности в период рекультивации;	убытки в виде расходов на деятельность, осуществить которую невозможно ввиду установления ограничений, начатую до дня установления ограничений;
	убытки в виде расходов на возобновление прерванной в связи с установлением ограничения деятельности;
	убытки в виде расходов на приведение параметров разрешенного использования объектов недвижимости в соответствии с установленными ограничениями;
	убытки, причиненные в результате деятельности по установлению ограничений;
убытки, в связи с расторжением договоров;	
убытки в виде упущенной выгоды;	
иные убытки.	

При временном занятии сельскохозяйственного участка возмещению должны подлежать: арендная плата за период временного занятия, упущенная выгода, затраты на биологический этап рекультивации.



На III этапе проводятся математические вычисления всех убытков, выявленных на предыдущем этапе, и упущенной выгоды. Размер убытков определяется оценщиком, действующим в соответствии с требованиями ФЗ № 135 «Об оценочной деятельности в Российской Федерации», путем проведения рыночной оценки. Однако определение размера убытков может осуществляться на основании соглашений, результатов экспертиз и других документов без проведения рыночной оценки.

Размер убытков может быть вычислен в соответствии с выражением:

$$\text{Убытки} = \text{Реальный ущерб} + \text{Упущенная выгода},$$

где *реальный ущерб* – совокупность всех расходов, которые необходимы для восстановления права собственника земельного участка; *упущенная выгода* – доходы, которые правообладатель земельного участка мог, но не получил вследствие наступления обстоятельства, повлекшего возникновение убытков[4].

Упущенная выгода исчисляется по ставке рефинансирования Центрального банка РФ на день возникновения обстоятельства, повлекшего убытки. Законодательство не регламентирует методику расчета упущенной выгоды, однако на практике оценщики применяют метод дисконтирования доходов, не полученных за период восстановления права. При этом доходом считается разница между денежными поступлениями и денежными выплатами, называемой денежный поток.

В качестве примера, иллюстрирующего несовершенство законодательства, регулирующего возмещение правообладателям земельных участков, рассмотрим судебное дело № А07-12651/2014. Суть спора заключается в следующем: глава крестьянского (фермерского) хозяйства подает иск в суд с возражением о размере возмещения убытков и упущенной выгоды в результате временного занятия арендуемых истцом земельных участков для целей строительства водозаборных сооружений и водоводов Предприятием, выполняющим государственный заказ от Министерства природопользования

и экологии. Истцом был предоставлен отчет в качестве приложения к соглашению о возмещении, содержащий расчет размера убытков, включая упущенную выгоду, согласно которому:

- размер реального ущерба составляет около 60 тыс. рублей;
- размер упущенной выгоды от реализации сельскохозяйственной продукции за два посевных сезона – около 970 тыс. рублей;
- затраты на рекультивацию – около 1310 тыс. рублей.

Однако, требования истца о размере возмещения были отклонены. В аргументацию Министерством природопользования и экологии был предъявлен отчет об оценке рыночной стоимости права требования возмещения, в котором возмещению подлежат только затраты на рекультивацию нарушенных земель в размере около 990 тыс. рублей. Спор в отношении размера возмещения удовлетворен судом в пользу Министерства природопользования и экологии, разъясняя это следующим:

1. В выплате реального ущерба отказано в связи отсутствием документального обоснования убытков в заявленном объеме. В отчете, представленном истцом, реальный ущерб составляет затраты на семена и удобрения, которые не были использованы по назначению.

2. Требования о выплате упущенной выгоды не удовлетворено, так как истец не представил доказательство, подтверждающих достоверность неполученных доходов: отсутствует обоснование произведенных расходов на обработку, вспашку почвы, на приобретение семян, в количестве необходимом для данной площади участков и другое. Также, предъявлено замечание по поводу определения периода, в течение которого упущенная выгода подлежит возмещению. Истец учитывает два посевных сезона. По мнению суда, учету подлежит только один сезон – 2014 года, так как право пользования участками по договору аренды у истца наступило после начала посевного сезона: сельскохозяйственную деятельность осуществлять не представлялось возможным.

В соответствии с судебным делом, возмещение испрашивается с Министерства природопользования и экологии, являющегося государственным заказчиком, и Министерства финансов, лица ко-

торых представляют Республику, которые не согласны с требованиями к ним. В оправдание своей позиции указанные органы приводят аргументы: строительство объекта осуществлялось за счет Республики, при это в муниципальных интересах; земельные участки республиканским органам не предоставлялись. Также, в соответствии с пунктом 3 статьи 57 ЗК РФ, возмещение производится за счет лиц, в пользу которых права были ограничены, а именно Предприятия, осуществляющего строительство.

Резюмируя, причинами возникновения судебного спора оказались:

- неясность в том, за чей счет будет произведено возмещение правообладателю земельного участка;
- разногласия в позициях участников судебного дела по определению периода, в течение которого определяется размер неполученного дохода при расчете упущенной выгоды;
- сложность предоставления документальных подтверждений, аргументирующих размер требуемого возмещения.
- Подводя итоги, для решения выявленных проблем, обусловленных несовершенством законодательства, может быть предложено:
  - установить дополнительные условия и особые случаи при определении лица, за счет которого будет произведено возмещение правообладателю земельного участка;
  - ввести разъяснения и установить рамки определения периода, в течение которого определяется размер неполученного дохода при расчете упущенной выгоды;
  - установить точный перечень документов, необходимых к предоставлению в качестве доказательства понесенных убытков, достоверности неполученных доходов и другого подтверждения требуемого размера возмещения;
  - разработать общие методические указания по определению размера возмещения, в котором будет определена единая методика оценки рыночной стоимости права требования компенсации убытков.

В заключении стоит еще раз отметить, что порядок возмещения правообладателям земельных участков и определение его

размера недостаточно урегулированы законодательными актами, нормативно-правовая база не содержит понятия «временное занятие земельного участка». Несовершенства земельного законодательства на сегодняшний день являются причиной большого количества судебных споров и требуют исправления.

### **Литература**

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 06.02.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) // Консультант Плюс: справочно-правовая система. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 16.04.2022) // Консультант Плюс: справочно-правовая система. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Постановление Правительства РФ от 27.01.2022 № 59 «Об утверждении Положения о возмещении убытков при ухудшении качества земель, ограничении прав собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков, а также правообладателей расположенных на земельных участках объектов недвижимости и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» // Консультант Плюс: справочно-правовая система. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Семищеников А. А. Предоставление земельных участков для строительства объектов нефтегазового комплекса, промышленности, транспорта, линий связи и электропередачи. (Практическое пособие для разработки землеустроительной и кадастровой документации). В 2-х томах. Т. 2. 5-е изд., переработ. и доп. – М. : Юни-пресс, 2015. – 644 с.

УДК 332.7:332.62

Янушанец Ангелина Романовна,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: yanushanets00@mail.ru

Yanushanets Angelina Romanovna,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: yanushanets00@mail.ru

## **К ВОПРОСУ О ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКЕ ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **ON THE ISSUE OF CADASTRAL ASSESSMENT OF OBJECTS OF UNFINISHED CONSTRUCTION**

В статье рассматривается опыт расчета кадастровой стоимости объектов незавершенного строительства в различных субъектах Российской Федерации. В статье анализируются исходные данные их полнота, соответствие требованиям законодательства. Также анализируются ценообразующие факторы, и выявляются их достаточность или недостаточность для использования в различных методах расчета кадастровой стоимости. Сравниваются, используемые методы расчета кадастровой стоимости в различных субъектах и делается вывод о качестве полученных данных.

*Ключевые слова:* объект незавершенного строительства, кадастровая стоимость, ценообразующие факторы, метод расчета «без площади», метод УПКС, метод индексации прошлых результатов.

The article discusses the experience of calculating the cadastral value of unfinished construction objects in various subjects of the Russian Federation. The article analyzes the initial data, their completeness, compliance with legal requirements. Price-forming factors are also analyzed, and their sufficiency or insufficiency for use in various methods of calculating cadastral value is revealed. The methods used to calculate the cadastral value in various subjects are compared and a conclusion is made about the quality of the data obtained.

*Keywords:* object of unfinished construction, cadastral value, price-forming factors, the calculation method “without area”, the UPCS method, the method of indexing past results.

По данным Росреестра за 2021 год кадастровая оценка объектов незавершенного строительства (ОНС) была проведена

в 20 субъектах Российской Федерации. Особенностью проведения государственной кадастровой оценки ОНС стало то, что в различных регионах используются различные способы расчета кадастровой стоимости данных объектов в силу их уникальности и неоднородности.

В ходе анализа отчетов о государственной кадастровой оценке будет уделяться внимание набору исходных данных об объектах незавершенного строительства, ценообразующим факторам и методам, использованным для расчета кадастровой стоимости. Объем и качество исходных данных будут иметь непосредственное влияние на набор ценообразующих факторов, а те в свою очередь будут определять модель и метод расчета кадастровой стоимости. Совокупность этих факторов скажется на качестве полученных результатов.

Объекты незавершенного строительства – это капитальные объекты, находящиеся в процессе строительства и степень готовности которых позволяет определить в качестве самостоятельного объекта недвижимости. ОНС одни из самых неоднозначных и неоднородных объектов. Поэтому вопрос кадастровой оценки данных объектов является очень актуальным.

Проведем анализ результатов государственной кадастровой оценки ОНС в Калининградской области. Анализ исходных данных об ОНС показал, что информация была собрана о таких характеристиках объекта как: кадастровый номер, назначение, площадь и степень готовности. Практически отсутствует информация о базовых проектных характеристиках таких как: высота, глубина, протяженность, объем.

Анализ информации о рынке объектов незавершенного строительства показал свою неразвитость. По результатам анализа исходных данных и рынка ОНС выявлено, что данных недостаточно для использования затратного и доходного подходов, а также для методов статистического анализа, эталонного объекта. Использовались такие методы как метод моделирования на основе УПКС и метод индексации прошлых результатов.

Модель расчета кадастровой стоимости методом УПКС выглядит следующим образом:

$$\text{Стоимость} = \text{УПКС}_{\text{средн}} \cdot C \cdot S \quad (1)$$

где  $S$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ,  $C$  – степень готовности %,  $\text{УПКС}_{\text{средн}}$  берется как средний показатель по соответствующей группе.

Метод индексации прошлых результатов применяется в случае отсутствия характеристик об объекте недвижимости, но имеются сведения о действующей кадастровой стоимости. Общий вид модели будет выглядеть так:

$$\text{Стоимость} = \text{КС}_{\text{известная}} \cdot I \quad (2)$$

где  $I$  – индекс рынка недвижимости %.

Данные являются методами с низкой точностью и вероятно могут привести к некачественным результатам определения кадастровой стоимости в субъекте.

Проведем сравнение расчетов кадастровой стоимости в Калининградской области и в Ленинградской области. Анализ перечня исходных данных показал, что в Ленинградской области помимо площади, назначения и степени готовности объектов, собиралась информация о материале стен. Расчет кадастровой стоимости проводился затратным подходом как для объектов, введенных в эксплуатацию по различным сборникам. Важно отметить, что при таком расчете учитывалась степень готовности объекта, а также дата начала строительства объекта.

В Кабардино-Балкарии также проводили кадастровую оценку ОНС. Анализ результатов оценки данного региона показал, что исходные данные имеют ограниченную информацию. Бралась информация только о площади и степени готовности, соответственно такие же брались ценообразующие факторы. Что приводит к невозможности использования затратного подхода, а в рамках сравнительного подхода невозможно использовать методы статистического регрессионного моделирования и метода типового (эталонного) объекта.

По результатам сбора исходной информации, ГБУ Кабардино-Балкарии установило, что кадастровая стоимость ОНС может быть рассчитана только методом УПКС. В рамках данного метода ГБУ выделяет 6 подметодов: метод группы, метод территорий, метод кадастрового деления, метод многоквартирных домов, метод ОНС и пользовательский метод. Как видно, в Кабардино-Балкарии существует индивидуальный метод для расчета кадастровой стоимости «метод ОНС», суть которого заключается в том, чтобы из результатов расчета зданий найти объект с похожим кодом ОКС и наименьшим УПКС. Далее этот УПКС будет присваиваться объекту, и умножаться на степень законченности конструкций.

Модель расчета кадастровой стоимости методом УПКС выглядит следующим образом:

$$\text{Стоимость} = \text{УПКС}_{\text{мин.груп.}} \cdot C \cdot S \quad (3)$$

где  $S$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ,  $C$  – степень готовности %,  $\text{УПКС}_{\text{мин}}$  брался как минимальный показатель по соответствующей группе зданий.

Проведем анализ результатов кадастровой оценки в республике Бурятия. В качестве исходных данных об ОНС была использована такая информация как: кадастровый номер, неформализованное описание адреса, проектируемое назначение объекта и степень готовности. В ходе сбора данных обнаружена неполнота характеристик об ОНС, что ведет к затруднению подбора метода и подходов к оценке. В рамках расчета кадастровой стоимости ОНС в республике Бурятия использовались два метода: метод «без площади» в рамках затратного подхода и метод УПКС.

Метод «без площади» оказался применим для объектов, не имеющих такой характеристики как площадь. В таком случае рассчитывался медианный показатель УПКС всех объектов, у которых имелась площадь, а также имелись общие признаки по: группе, классу конструктивных элементов, виду объекта недвижимости.

Метод УПКС рассчитывался для группы 1 «Многоквартирные дома» на принципе дочернего метода расчета. Дочерний метод основан на механизме наследования стоимости УПКС помещения, находящегося в объекте незавершенного строительства.



Модель расчета кадастровой стоимости методом УПКС выглядит следующим образом:

$$\text{Стоимость} = \text{УПКС}_{\text{пом}} \cdot C \cdot S \quad (4)$$

где  $S$  – площади здания или объекта незавершенного строительства,  $\text{м}^2$ ,  $C$  – степень готовности %,  $\text{УПКС}_{\text{пом}}$  – стоимости удельного показателя кадастровой стоимости помещения, в здании (ОНС) которого он расположен.

Таким образом, было проведено сравнение расчета кадастровой стоимости ОНС в 4 различных субъектах Российской Федерации, а именно в Калининградской области, Ленинградской области, в Кабардино-Балкарии и республике Бурятия. Анализ расчета кадастровой стоимости ОНС показал, что во всех субъектах ключевой проблемой является низкое качество исходных данных, что ведет к проблеме отсутствия ценообразующих факторов и как следствие к ограничению в выборе методов расчета кадастровой стоимости. Также анализ расчета кадастровой стоимости показал, что в основном субъекты использовали метод расчета УПКС, и каждый субъект приводил свои варианты расчета данной величины. То есть в данном методе отсутствует единообразие, что ведет к снижению качества кадастровой оценки. Для повышения качества кадастровой оценки ОНС необходимо устранить проблему низкого качества исходных данных и разработать более универсальный метод расчета кадастровой стоимости для данных объектов, который позволил бы учитывать особенности ОНС.

### Литература

1. Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке: Приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/>
2. Отчет № 01-к/2021 об итогах государственной кадастровой оценки объектов недвижимости (за исключением земельных участков) на территории Ленинградской области/ ГБУ ЛО «ЛенКадОценка», 2021.
3. Проект отчета № 01\_ОКС\_2021 об итогах государственной кадастровой оценки объектов недвижимости (за исключением земельных участков) на территории Кабардино-Балкарской республики/ ГБУ ГКО «КБР», 2021.

4. Отчет № 01-2021 об определении кадастровой стоимости объектов капитального строительства расположенного на территории Республики Бурятия/ ГБУ РБ «Центр государственной кадастровой оценки», 2021.

5. Отчет № 04/01-2021 ОКС об итогах государственной кадастровой оценки объектов недвижимости (за исключением земельных участков), расположенных на территории Калининградской области/ ГБУ КО «Центр кадастровой оценки и мониторинга недвижимости», 2021.

## СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

---

УДК 697.94

*Абдуллина Азалия Айратовна,*  
студент

(Казанский государственный  
энергетический университет)

*Салахова Эльмира Ильгизьяровна,*  
ст. преподаватель

(Нижнекамский  
химико-технологический институт)

*E-mail: azalkaabdullina69826@gmail.com, salahova.elmira@gmail.com*

*Abdullina Azaliya Ayratovna,*  
student

(Kazan State

Power Engineering University)

*Salakhova Elmira Ilgizyarovna,*  
Senior Lecturer

(Nizhnekamsk Institute  
of Chemical Technology)

*E-mail: azalkaabdullina69826@gmail.com, salahova.elmira@gmail.com*

### РАЗРАБОТКА СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ АСПИРАЦИИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

#### DEVELOPMENT OF A SEPARATION DEVICE FOR EFFECTIVE ASPIRATION OF VENTILATION SYSTEMS

В качестве системы вентиляции многие используют вентиляционные воздуховоды. Однако они нуждаются в своевременной очистке, так как их загрязнение приводит, во-первых, к ухудшению микроклимата в помещении, во-вторых, к быстрому износу фильтров, в-третьих, к распространению различных заболеваний и инфекций. Для эффективной очистки вентиляционных систем авторами статьи предлагается установка специально разработанного сепарационного устройства с дугообразными элементами. Устройство имеет простую конструкцию и отличается простотой в использовании, так как представляет собой несколько рядов дугообразных элементов, расположенных под углом и заключенных в трапециевидный корпус, и работает за счет сил инерции.

*Ключевые слова:* сепаратор, дугообразные элементы, вентиляционные воздуховоды, очистка.

Many people use ventilation ducts as a ventilation system. However, they need timely cleaning, since their contamination leads, firstly, to a deterioration

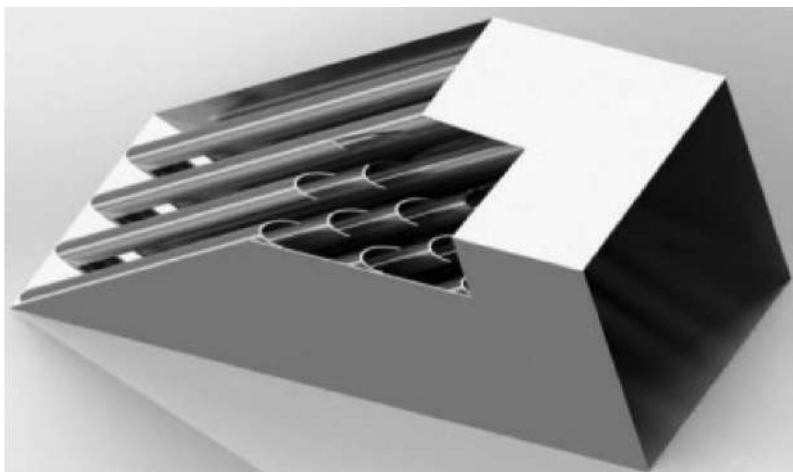
of the microclimate of the room, secondly, to the possible replacement of expensive equipment, and thirdly, to the spread of various diseases and infections. For effective cleaning of ventilation systems, the authors of the article propose the installation of a specially designed separation device with arc-shaped elements. The device has a simple design and is easy to use, as it consists of several rows of arc-shaped elements arranged at an angle and enclosed in a trapezoidal housing, and operates due to inertia forces.

*Keywords:* separator, arc-shaped elements, ventilation ducts, cleaning.

В качестве системы вентиляции многие используют вентиляционные воздуховоды. Однако они нуждаются в своевременной очистке от пыли, грязи и других загрязняющих веществ, имеющих различное происхождение. Данная процедура необходима, во-первых, при большом скоплении загрязняющих веществ происходит уменьшение внутреннего диаметра воздуховода. Это приводит к ухудшению микроклимата в помещении, появлению тяжелых и неприятных запахов, плохому удалению вредных химических веществ. Кроме того, увеличивается потребление электроэнергии оборудованием, некоторые аппараты могут работать на предельных мощностях или плохо функционировать [1, 2]. Такие условия эксплуатации являются причиной выхода из строя дорогостоящего оборудования. Во-вторых, в вентиляционных трубах повышенная температура и влажность, что является идеальной средой размножения болезнетворных и вредных микроорганизмов. А при их разнесении по всем помещениям могут распространяться вирусные и инфекционные заболевания. В-третьих, это касается помещений, где необходимо поддержание определенных параметров стерильности, например, лечебные помещения, отделения новорожденных, операционных палаты. В таких помещениях периодически проводится проверка микрофлоры вентиляционных систем, а при обнаружении отклонений проводятся внеплановые работы. Ведь при нарушениях требований к чистоте в таких помещениях возможен летальный исход пациентов.

Для эффективной очистки вентиляционных систем авторами статьи предлагается установка специально разработанного сепарационного устройства с дугообразными элементами [3–5].

Сепаратор имеют простую конструкцию, так как состоит из нескольких рядов дугообразных элементов, заключенных в трапециевидный корпус. В каждом ряду располагается по 4 дугообразных элемента под углом в  $30^\circ$ , как показано на рисунке.



Трехмерная модель сепаратора (вид с разрезом)

Принцип работы данного устройства заключается в следующем: запыленный газовый поток входит в устройство и начинает огибать дугообразные элементы. Дугообразные элементы относительно друг друга расположены таким образом, что на газовый поток начинают действовать центробежные силы немалых значений, которые выбивают запыленные частицы из газового потока. Они в свою очередь отпрыгивают от внутренних стенок устройства и осыпаются вниз в пылесборный бункер, а очищенный газовый поток выходит из сепаратора. Некоторые частицы могут оседать на стенках устройства, поэтому необходима своевременная его очистка.

Стоит отметить, что данный прибор обладает эффективностью 60–90 % при очистке запыленного газового потока, содержащего частицы размером менее 10 мкм.

Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП3577.2022.1.

### Литература

1. *Зинуров В. Э.* Определение расчетной скорости газового потока в фильтрах грубой и тонкой очистки при различной степени загрязненности в окрасочных камерах / В. Э. Зинуров, Р. Я. Биккулов, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева, А. Н. Николаев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. № 5. С. 3–12.
2. *Биккулов Р. Я.* Оценка эффективности мультивихревого сепаратора при улавливании мелкодисперсных частиц из газовых потоков в системе подготовки воздуха в окрасочных камерах / Р. Я. Биккулов, В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева, Т. М. Тахавиев // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 1. – С. 38–43.
3. *Салахова Э. И.* Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60–64.
4. *Салахова Э. И.* Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, И. Р. Набиуллин, И. И. Салахов // Катализ в промышленности. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 57–64.
5. *Зинуров В. Э.* Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, В. В. Харьков, Т. С. Петрова // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 2. – С. 82–85.

УДК 697.33

*Аникин Андрей Сергеевич,*  
студент

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

*Anikin Andrey Sergeevich,*  
student

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

## СИСТЕМЫ СНЕГОТАЯНИЯ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЗДАНИЙ

### SNOW MELTING SYSTEMS FOR BUILDING COATINGS

Осадки в зимнее время и перепады температур наружного воздуха приводят к образованию наледей, угрожающие имуществу и здоровью людей. Это определяет необходимость в применение эффективных инженерных решений. Таким решением может стать система антиобледенения и снеготаяния. В данной статье рассмотрены базовые принципы работы системы антиобледенения и снеготаяния. Описаны основные факторы влияющие на эффективность работы системы, ее базовые элементы. Изучены вопросы монтажа системы, а также устройство принципиальных схем различных вариантов подключения к источнику тепловой энергии, позволяющие добиться наиболее эффективных результатов их применения.

*Ключевые слова:* снеготаяние, антиобледенение, нагрев, кровля.

Winter precipitation and ambient temperature changes cause ice to form, threatening property and health. This determines the need for effective engineering solutions. Such a solution can be an anti-icing and snow melting system. In this article the basic principles of the anti-icing and snow melting system are considered. The main factors influencing the system performance, its basic elements are described. The questions of installation of the system, as well as the device of schematics of various options for connection to a thermal energy source, allowing to achieve the most effective results of their application, have been studied.

*Keywords:* snow thawing, de-icing, heating, roof.

Необходимость эксплуатации кровель обусловлена скоплением больших масс снега и образованием наледи, возникающей под влиянием теплопритоков от кровли, положительных температур наружного воздуха и солнечной радиации. Данные факторы могут привести к повреждению кровли, имущества прилегающей территории и здоровья граждан.

Возникает необходимость в принятии мер для предотвращения негативных последствий образования наледей. Таким средством может быть система антиобледенения, признанная эффективным способом борьбы с наледью. Существует два типа систем. Система первого типа работает на электроэнергии – такая система проста в монтаже и эксплуатации, но затратна из-за высокой стоимости электроэнергии. Второй тип систем работает на теплоносителе, циркулирующем в греющих трубках, – такая система является наиболее эффективной и экономичной [2].

Система снеготаяния с теплоносителем состоит из следующих основных элементов:

- распределительной части;
- нагревающей части;
- системы управления.

Распределительная часть служит для распределения тепловой энергии по контурам при работе системы. Данная часть состоит из коллекторного узла, теплообменного аппарата, и циркуляционного насоса. В основном оборудование ничем не отличается от системы теплых полов, поэтому можно использовать то же оборудование. На коллекторы устанавливаются балансировочные клапаны для увязок контуров и регулятор расхода, работающий по сигналу от модуля управления. Система антиобледенения может работать как от индивидуальных источников теплоты (рис. 1), таких как жидкотопливный, дровяной, электрический и газовый котел, так и от центральной системы теплоснабжения. Система подключается по закрытой схеме через теплообменный аппарат (рис. 2) [5]. Это обусловлено тем, что теплоносителем в трубках используется пропиленгликоль или специальные суспензии с низкой температурой замерзания.

Нагревающая часть системы антиобледенения служит для передачи теплоты на поверхность кровли и растопки наледи. Система в основном работает по температурному графику 30/35, 40/45, 45/50 в зависимости от требуемой мощности системы, что позволяет подключать ее к обратному трубопроводу в тепловом пункте [3]. Рекомендуется использовать трубы из сшитого полиэтилена диаметром 17, 20, 25, 32 мм.



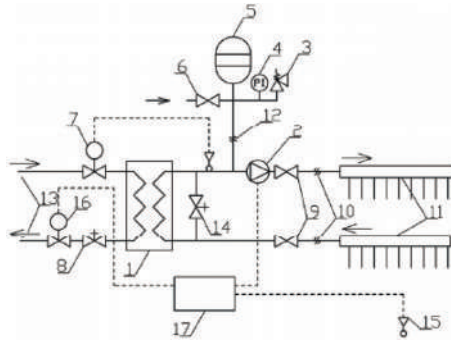


Рис. 1. Схема подключения системы снеготаяния к двухтрубной системе: 1 – теплообменный аппарат; 2 – циркуляционный насос; 3 – предохранительный клапан; 4 – манометр; 5 – расширительный бак; 6 – клапан заполнения и подпитки системы; 7 – двухходовой клапан; 8 – балансировочный клапан; 9 – запорные клапаны; 10 – подающий и обратный трубопроводы системы снеготаяния; 11 – коллекторы системы снеготаяния; 12 – подсоединение группы безопасности; 13 – прямая и обратная магистрали источника тепла; 14 – байпас с балансировочным клапаном; 15 – датчик температуры и влаги; 16 – двухходовой клапан с электроприводом; 17 – модуль управления

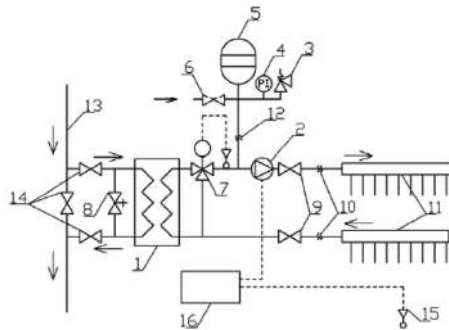


Рис. 2. Схема подключения системы снеготаяния к однотрубной системе: 1 – теплообменный аппарат; 2 – циркуляционный насос; 3 – предохранительный клапан; 4 – манометр; 5 – расширительный бак; 6 – клапан заполнения и подпитки системы; 7 – трехходовой клапан; 8 – балансировочный клапан; 9 – запорные клапаны; 10 – подающий и обратный трубопроводы системы снеготаяния; 11 – коллекторы системы снеготаяния; 12 – подсоединение группы безопасности; 13 – обратная магистраль источника тепла; 14 – запорные клапаны; 15 – датчик температуры и влаги; 16 – модуль

управления

Система управления состоит из датчика температуры наружного воздуха, датчика температуры и влажности, датчик влажности водостока, модуля управления системой и регуляторов расхода. Данное оборудование делает систему полностью автоматизированной. Система работает по следующему принципу: датчик температуры и влажности получает информацию об изменении температуры наружного воздуха и выпадении осадков и передает эту информацию в модуль управления системой. Далее модуль управления включает систему снеготаяния до тех пор, пока необходимость в работе не пропадет. Для максимальной эффективности рекомендуется устанавливать датчик температуры и влажности в местах, где снега и льда скапливается больше всего. В основном это карниз крыши и воронки водостоков. Система управления располагается вместе с распределительной частью системы.

Таким образом, система снеготаяния и антиобледенения является эффективным и экономичным способом борьбы с наледью и снегом на кровле, применение которого увеличивает срок службы кровли, уменьшает затраты на ее обслуживание и уменьшает риски несчастных случаев с имуществом и людьми.

Можно отметить, что исследования в данной области еще продолжаются. В основном данные системы применялись для открытых пространств (таких как паркинг), при обогреве карнизов и ступенек у входов зданий. Применение данной системы на плоских кровлях очень востребовано. Принцип аналогичен применению на открытых площадках, но изучение влияния различных типов покрытий кровли, применяемых трубопроводов, оборудования и климатических параметров помогут увеличить эффективность применяемой системы.

### **Литература**

1. Рекомендации по применению противообледенительных устройств на кровлях с наружными и внутренними водостоками для строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданий. Утверждены указанием Москомархитектуры № 3 от 27 февраля 2004 г. М. : 2004, 66 с.

2. *Васин А. П.* Тепловизионное обследование зданий и анализ причин образования наледей // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 2. С. 92–98.
3. *Бердышев И. В.* Принцип действия и основы монтажа систем антиобледенения и снеготаяния / И. В. Бердышев // Символ науки: международный научный журнал. – 2020. – № 3. – С. 19-22. – EDN ICWBGМ.
4. *Русина Е. Ю.* Угроза схода снега и наледей с крыш зданий / Е. Ю. Русина, А. А. Колесникова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 2295–2298. – EDN ENWWYD.
5. Система снеготаяния и антиобледенения. <https://abc-elements.ru/image/2TEPLOPOL/4sistemasnegotayaniya/snegotayanieavs.pdf> (доступ 20.03.23).

УДК 697.95

Щекалев Никита Антонович,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: nikitashekalev77@gmail.com

Shekalev Nikita Antonovich,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: nikitashekalev77@gmail.com

## СОЗДАНИЕ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРИ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

### CREATING COMFORTABLE CONDITIONS IN THE WORKPLACE WITH PERSONAL VENTILATION

Внутренняя среда оказывает влияние на здоровье, комфорт и работоспособность людей, находящихся в современных зданиях. Общеобменная вентиляция не всегда является энергоэффективным способом обеспечения высококачественной внутренней среды. Персональная вентиляция, предназначенная для подачи чистого воздуха непосредственно в зону дыхания работающего, позволяет эффективно создавать высококачественную внутреннюю среду при одновременном снижении энергопотребления.

Выполненный обзор основан на ряде исследований персональной вентиляции. Изучаются характеристики систем с точки зрения теплового комфорта, качества воздуха и энергоэффективности. Проводится анализ применения и преимуществ этой вентиляции, необходимый для определения направления дальнейших исследований. Результаты анализа формируют основу для применения персональной вентиляции в будущем.

*Ключевые слова:* персональная вентиляция, воздухораспределение, микроклимат.

The internal environment has an impact on the health, comfort and efficiency of people in modern buildings. General exchange ventilation is not always an energy-efficient way to ensure a high-quality indoor environment. Personal ventilation, designed to supply clean air directly to the breathing area of the worker, allows you to effectively create a high-quality internal environment while reducing energy consumption.

The performed review is based on a number of studies of personal ventilation. The characteristics of the systems in terms of thermal comfort, air quality and energy efficiency are studied. The analysis of the application and advantages of this ventilation is carried out, which is necessary to determine the direction of further research. The results of the analysis form the basis for the use of personal ventilation in the future.

*Keywords:* personal ventilation, air distribution, microclimate.

В помещениях общественных и производственных зданий с избытками и недостатками теплоты применяется смешительная и вытесняющая вентиляция [1]. В помещениях общественного назначения с постоянными рабочими местами допускается локальная подача приточного воздуха в зону дыхания (персональная вентиляция) [1]. Скорость движения и температура воздуха при персональной вентиляции определяются в соответствии с требованиями п. 5.1 [1].

Применение персональной вентиляции рекомендуется для снижения энергопотребления зданий на тепловлажностную обработку воздуха [1] и для предотвращения распространения вирусных инфекций (например, с переносимым по воздуху COVID-19) [2]. Также значительно снижается доля людей в помещении, неудовлетворенных качеством воздуха (рис. 1) [3]. Например, при температуре воздуха в помещении 23 °С только 3,5 % людей с персональной вентиляцией недовольны микроклиматом в помещении, тогда как при смешительной вентиляции недовольны 11 % людей.

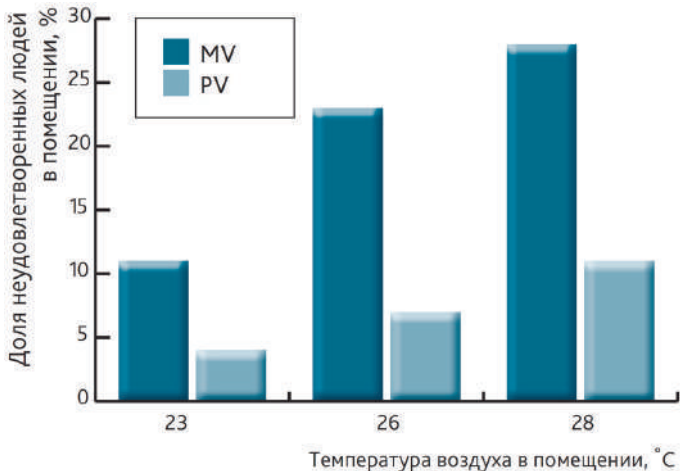


Рис. 1. Доля людей в помещении, неудовлетворенных качеством воздуха в теплый период года, при устройстве персональной (PV) и смешительной (MV) вентиляции

Цель настоящего исследования – обобщить основные решения по подаче приточного воздуха в зону дыхания человека при персональной вентиляции. Основные решения по подаче воздуха в зону дыхания человека на постоянных рабочих местах представлены на рисунке 2 [4].

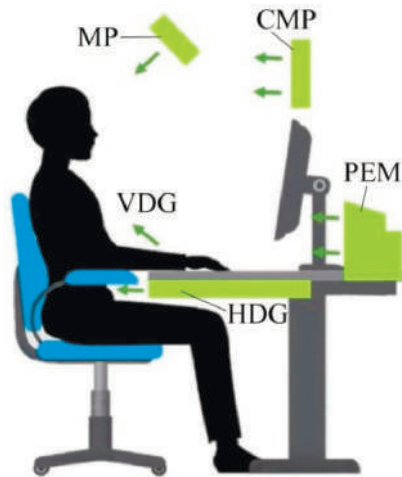


Рис. 2. Подача воздуха в зону дыхания человека на постоянном рабочем месте:

- ATD (Air supply terminal devices) – воздухораспределители для подачи приточного воздуха; MP (Movable Panel) – подвижная панель;
- CMP (Computer Monitor Panel) – панель компьютерного монитора;
- VDG (Vertical Desk Grill) – вертикальная подача через настольную решетку;
- HDG (Horizontal Desk Grill) – горизонтальная подача через решетку под столешницей стола; PEM (Personal Environments Module) – модуль персональной среды

В качестве контрольного показателя для оценки уровня комфорта в помещении, оценки качества воздуха и здоровья человека, используется концентрация углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) [5].

Оценка эффективности вариантов подачи воздуха выполнена по зависимости

$$\varepsilon_V = \frac{C_R - C_S}{C_P - C_S}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_V$  – эффективность воздухообмена;  $C_R$  – концентрация вредных в вытяжном воздухе помещений, мг/м<sup>3</sup>;  $C_S$  – концентрация вредных в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;  $C_P$  – концентрация вредных в зоне дыхания человека, мг/м<sup>3</sup>.

Результаты оценки эффективности воздухообмена для теплового периода года представлены на рисунке 3 (параметры приточного воздуха: температура – 20 °С, относительная влажность – 30 %; внутреннего: температура – 26 °С, относительная влажность – 30 %) [4].

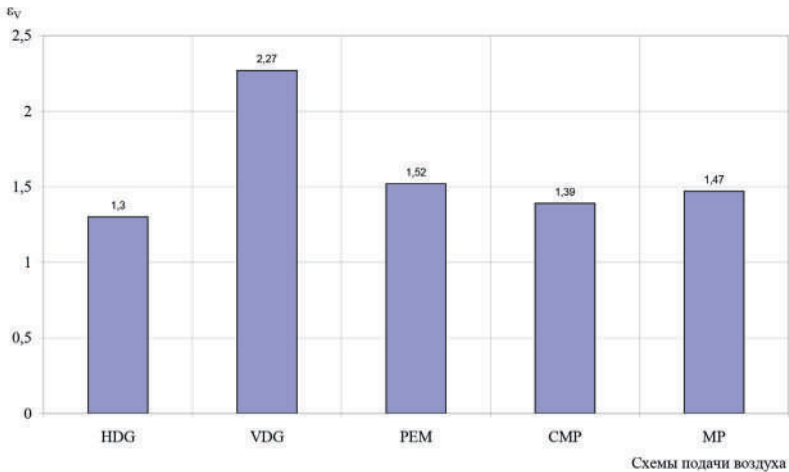


Рис. 3. Эффективность вариантов подачи воздуха для схем, показанных на рис. 1

Наиболее эффективной является подача воздуха через решетку под столешницей стола в зону дыхания работающих (система HDG).

В работе [6] приведены исследования систем персональной вентиляции с применением потолочных охлаждающих панелей (рис. 4). В одной из изученных систем подача воздуха организована

над охлаждающими перфорированными панелями локально над головой работающего (на расстоянии 700 мм). В другой на расстоянии 400 мм от манекена установлен воздухораспределитель для подачи приточного воздуха непосредственно в зону дыхания.

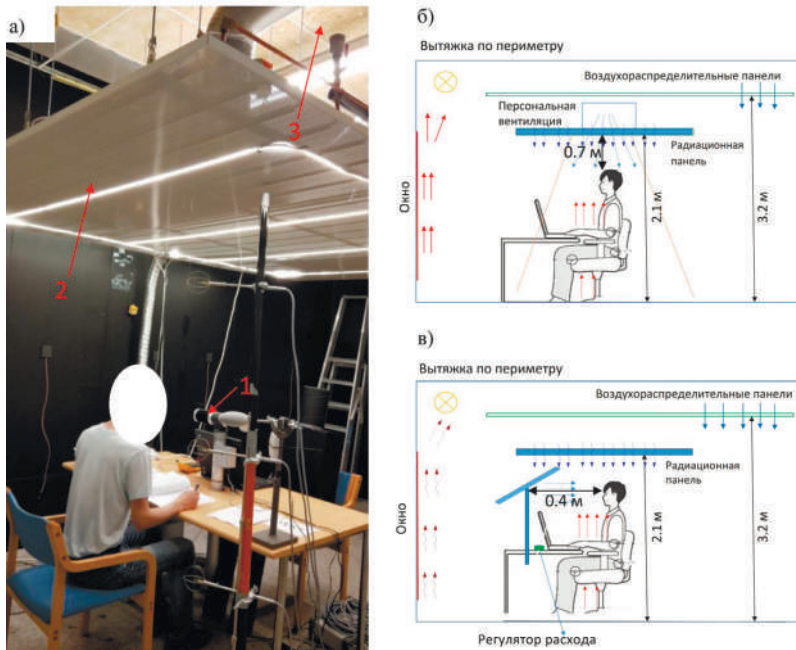


Рис. 4. Системы персональной вентиляции с применением потолочных охлаждающих панелей: *a* – камера для изучения систем; *б* – система с подачей воздуха сверху вниз над головой работающего и охлаждающей панелью; *в* – система с подачей воздуха горизонтально через воздухораспределитель и охлаждающей панелью; 1 – воздухораспределитель персональной системы вентиляции; 2 – потолочная охлаждающая панель; 3 – потолочные воздухораспределительные панели

### Заключение

Персональные системы вентиляции должны получить все большее распространение из-за преимуществ в обеспечении качества воздуха в помещении, теплового комфорта, эффективности и предотвращении



передачи инфекционных заболеваний. Результаты анализа формируют основу для применения персональной вентиляции в будущем и дают направление для дальнейших исследований.

#### Литература

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М. : Минстрой России, 2020. 150 с.
2. Табунициков Ю. А. Ресурсы, являющиеся упреждающим руководством в борьбе с распространением коронавирусной инфекции // АВОК, № 3, 2020. С. 4–7.
3. Канко Д. В., Афанасьев Р. В. Персональная вентиляция. Время перейти от теории к практике! // АВОК, № 5, 2016. – С. 18–23.
4. Ge Song, Zhengtao Ai, Zhengxuan Liu, Guoqiang Zhang. A systematic literature review on smart and personalized ventilation using CO<sub>2</sub> concentration monitoring and control. Energy Reports. Volume 8, November 2022, P. 7523–7536. <https://doi.org/10.1016/j.egyр.2022.05/>
5. Наумов А. Л., Канко Д. В. CO<sub>2</sub>: критерий эффективности систем вентиляции // АВОК, № 1, 2015. С. 12–17.
6. Weixin Zhao, Simo Kilpeläinen, Risto Kosonen, Juha Jokisalo, Sami Lestinen, Panu Mustakallio. Indoor climate in a simulated office room with personalized micro-environment and fully mixed ventilation systems. REHVA Journal, № 2, 2021. Pp. 19–23.

УДК 697.92

Артемьева Валерия Дмитриевна,  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [valeriia.artemeva@yandex.ru](mailto:valeriia.artemeva@yandex.ru)

Artemyeva Valeriya Dmitriyevna,  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: [valeriia.artemeva@yandex.ru](mailto:valeriia.artemeva@yandex.ru)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В УНИВЕРСАЛЬНОМ СПОРТИВНОМ ЗАЛЕ В ПРОГРАММЕ STAR-CCM+

### SIMULATION OF AIR DISTRIBUTION IN A UNIVERSAL SPORTS HALL WITH STAR-CCM+ PROGRAM

В данной работе представлены результаты численного моделирования воздухораспределения универсального спортивного зала в г. Санкт-Петербурге. Выполнен анализ распределения температуры и скорости движения воздуха. Выявлены причины отклонения результатов исследования от нормируемых параметров. Определены направления совершенствования систем вентиляции рассматриваемого помещения.

*Ключевые слова:* вентиляция, воздухораспределение, универсальный спортивный зал, SolidWorks, Star-CCM+.

This paper presents the results of numerical simulation of the air distribution of a universal sports hall in St. Petersburg. An analysis of the distribution of temperature and air velocity has been carried out. The reasons for the deviation of the research results from the normalized parameters are revealed. Directions for improving the ventilation systems of the considered premise are determined.

*Keywords:* ventilation, air distribution, universal sports hall, SolidWorks, Star-CCM+.

Объектом моделирования является универсальный спортивный зал в здании физкультурно-оздоровительного комплекса (рис. 1), расположенного в г. Санкт-Петербурге. Зал имеет дугообразную крышу, вследствие чего его высота варьируется в пределах 9,2–13,3 м, а площадь составляет 654,5 м<sup>2</sup>. В зале имеются витражные окна площадью 173,5 м<sup>2</sup>, которые направлены на север. В спортивном зале расположены места для зрителей, вместимостью 50 человек.

В помещении у торцевых стен в межферменном пространстве расположены приточный и вытяжной воздухопровод. На каждом воздуховоде установлено по 9 решеток габаритами 500×200.

При расчете приняты следующие параметры (табл. 1, 2) по [1], [2].

Таблица 1

**Расчетные параметры наружного воздуха в теплый период года**

Город	Период года	Температура $t_n$ , °C	Энтальпия $i_n$ , кДж/кг с.в.	Скорость ветра, $v_n$ , м/с	Удельное влаго-содержание
Санкт-Петербург	Теплый	25	56,5	2,3	12,8

Таблица 2

**Расчетные параметры внутреннего воздуха в теплый период года**

Назначение помещения	Параметры воздуха		
	Температура, $t_v$ , °C	Относительная влажность $\phi_v$ , %	Скорость движения $v_v$ , м/с
Универсальный спортзал	20	45–30	0,2

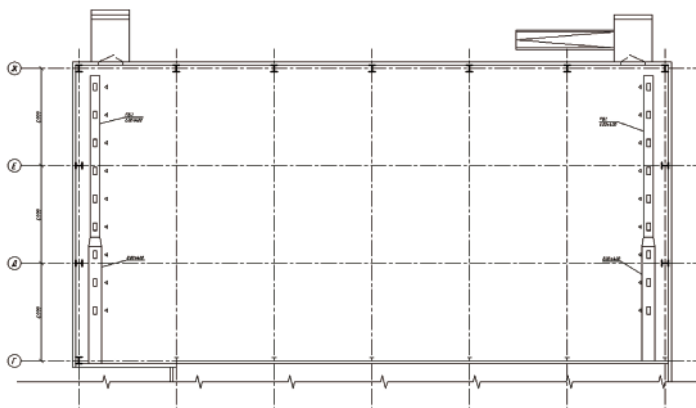


Рис. 1. План спортивного зала

Для исследования выбран режим игры в волейбол с количеством зрителей 50 человек. Модель спортивного зала выполнена с использованием программного комплекса SolidWorks (рис. 2), а затем экспортирована в программу Star-CCM+.

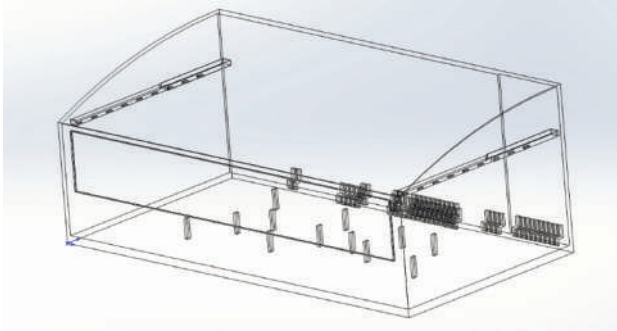


Рис. 2. Модель спортивного зала в SolidWorks

Параметры воздуха для моделирования:

- Расход воздуха на притоке  $L = 4700 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- Температура воздуха на притоке  $t_{\text{пр}} = 16^\circ\text{C}$ ;
- Влагосодержание на притоке  $d = 6,17 \text{ г/кг}$ ;

Результатами моделирования является визуализация полей распределения температур и скоростей воздуха в помещении (рис. 3, 4).

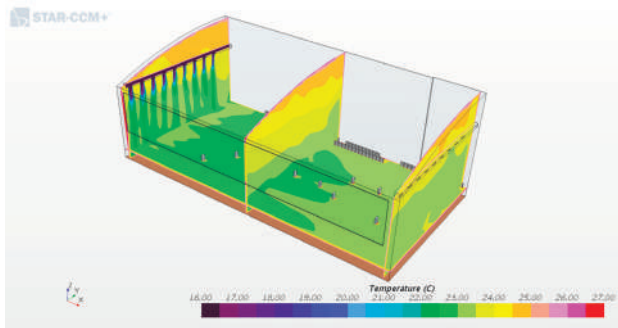


Рис. 3. Температурное поле в спортзале

Из рис. 3 видно, что преобладающая температура в рабочей зоне равняется  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что на  $3$  градуса больше расчетной температуры. Однако температура находится в пределах допустимых значений для спортивного зала.

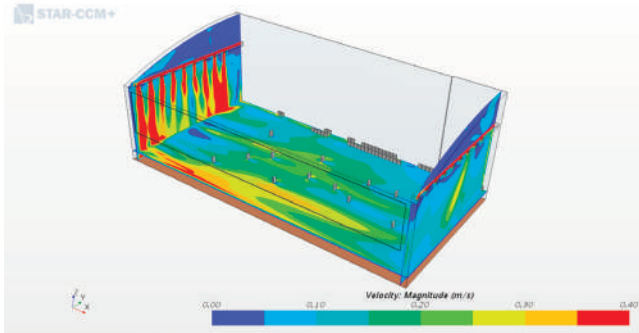


Рис. 4. Поле скоростей в спортзале

Средняя скорость в рабочей зоне равняется  $0,1\text{--}0,3\text{ м/с}$  (рис. 4), что соответствует нормам для спортивного зала [3].

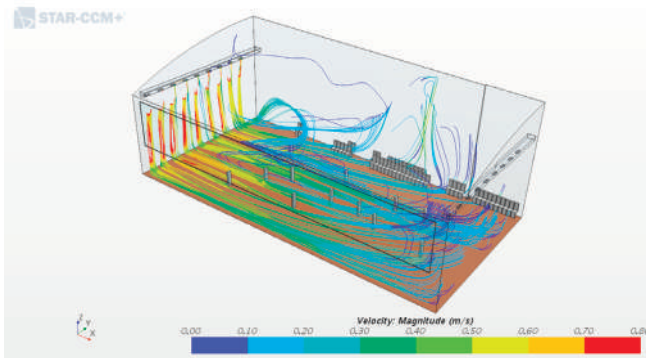


Рис. 5. Линии тока распределения скоростей

По линиям тока (рис. 5) можно сказать, что скорость приточных струй постепенно снижается и, сталкиваясь с полом, скорость

падает значительно, что позволяет достигнуть допустимых значений в рабочей зоне.

Также были рассмотрены параметры воздуха, поступающего через приточные решетки без учета регулирования. Для проверки расхода, подаваемого каждой решеткой, строится график (рис. 6).

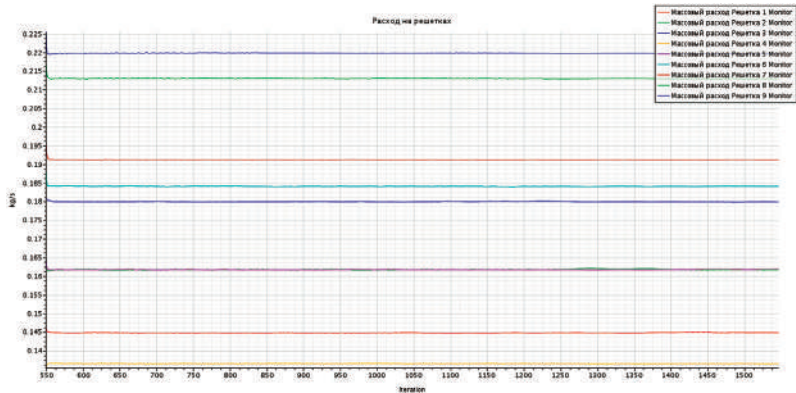


Рис. 6. График расхода на приточных решетках

Из графика видно, что максимальная разница между расходами на решетках составляет  $0,22 - 0,137 = 0,083$  кг/с.

Поле температур вокруг решеток изображено на рис. 7.

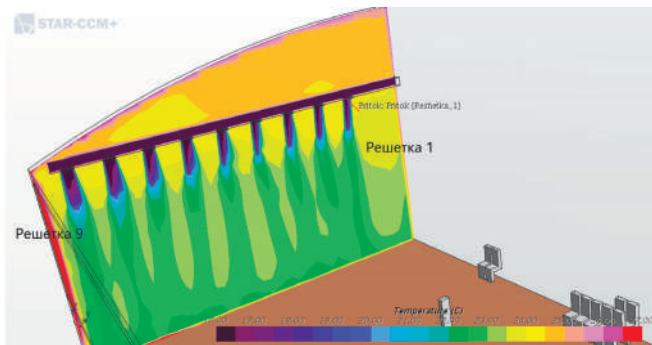


Рис. 7. Поле температур у приточных решеток

Наблюдается неравномерность в верхней части помещения, однако в рабочей зоне значения параметров получились удовлетворительными.

Таким образом, существуют некоторые расхождения с расчетом, но их можно решить следующим образом:

- для снижения температуры в рабочей зоне необходимо уменьшить температуру приточного воздуха;
- теплопоступления от солнца можно скорректировать путем использования солнцезащитных устройств с более низким значением коэффициента теплопропускания. Это также позволит снизить температуру в рабочей зоне;
- для регулирования расхода необходимо использовать регулируемые решетки или дроссель клапаны.

#### Литература

1. СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология».
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
3. СП 332.1325800.2017 Спортивные сооружения. Правила проектирования (с Изменением № 1).
4. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением № 1).
5. Системы вентиляции и кондиционирования, Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий, Краснов Ю.С., 2006 г.
6. *Гримитлин М.И.* Распределение воздуха в помещениях [Текст] / М. И. Гримитлин – С-Пб: Издательство «АВОК Северо-Запад», 2004. – 320 с.
7. *Денисихина Д. М., Шупашева Р. Ж., Колубков А. Н.* Решение задач распределения воздуха в спортивном зале борьбы //АВОК. 2015. № 4. 6 с.

УДК 004.514

*Ахремчик Олег Леонидович,*  
д-р техн. наук, доцент  
(Тверской государственный  
технический университет)  
*E-mail: ahremchikol@mgupp.ru*

*Akhremchik Oleg Leonidovich,*  
Dr. Sci. Tech., Associate Professor  
(Tver State Technical  
University)  
*E-mail: ahremchikol@mgupp.ru*

## **СООБЩЕНИЯ НА МНЕМОСХЕМАХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕТИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

### **MESSAGES ON SCREEN FORMS OF AUTOMATION SYSTEM OF HOT WATER NETWORK**

Выделены базовые функции и задачи системы автоматизации сети горячего водоснабжения. Рассмотрена модель информационного сообщения о параметрах сети горячего водоснабжения. Определены атрибуты сообщения для уровня визуализации состояния сети. Выделены приоритет, метка времени и отклонения от уставки как свойства сообщения. Отмечено использование цвета при формировании и изменении сообщений.

*Ключевые слова:* мнемосхема, автоматизация, горячее водоснабжение, свойства.

The basic functions of the hot water supply network automation system are highlighted. Model of information message on parameters of hot water supply network is considered. Message attributes are defined for the network state visualization level. Priority, timestamp and deviations from the set point are highlighted as message properties. The use of color was noted when generating and changing messages.

*Keywords:* screen form, automation, hot water supply, properties.

Сеть горячего водоснабжения (ГВС) предназначена для получения горячей воды с заданными параметрами посредством передачи тепла от теплоносителя в теплообменниках различного типа. В качестве теплоносителя в подавляющем большинстве случаев используется вода из теплосети (теплого пункта). Система автоматизации обеспечивает стабилизацию параметров воды в системе ГВС. В настоящее время в большинстве систем управления и автоматизации сети ГВС для контроля параметров горячей воды



предусматривают термометры и манометры. Манометры устанавливают на выходе из водоподогревателя до и после циркуляционного насоса. Термометры размещают до и после водоподогревателя и на циркуляционном трубопроводе перед циркуляционным насосом. Применение компьютерных технологий определяет постановку и решение задач удаленного мониторинга аппаратов и параметров сети ГВС. Актуальной является обеспечение соответствия тезаурусов систем проектирования и централизованного контроля для предотвращения несоответствия мнемосхем на проектной и эксплуатационной стадиях жизненного цикла системы автоматизации ГВС.

В качестве базиса проектной документации рассматриваются функциональные схемы автоматизации сети. Мнемосхемы средств визуализации состояния сети ГВС выделяются как базовое свойство эксплуатационной документации. В состав системы автоматизации входят датчики температуры, давления и расхода (TE, PE, FE) теплоносителя и воды в сети ГВС (рис. 1). Отображение значений осуществляется на многофункциональном устройстве (UI) планшетного типа. Подобное устройство позволяет обеспечивать не только индикацию, но регистрацию значений параметров и состояния оборудования (RI).

На функциональной схеме автоматизации (рис. 1) не указана запорная арматура и насосное оборудование. На самом деле в ходе эксплуатации средств автоматизации на устройстве UI отображается состояние насосов и с помощью виртуальных кнопок обеспечивается их пуск-остановка, т. е. наряду с задачами стабилизации и визуализации значений параметров сети ГВС реализуется задача программно-логического управления.

Таким образом, можно обобщить множество функций системы автоматизации ГВС при выделении тех из них, которые будут отражаться на мнемосхеме:

$$F = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5\}, \quad (1)$$

где  $F_1$  – функция контроля параметров и состояния оборудования сети ГВС;  $F_2$  – функция стабилизации параметров;  $F_3$  – функция

регистрации значений параметров;  $F_4$  – формирование тревог и сигнализаций;  $F_5$  — передача данных.

Модель информационного сообщения оператору [1]:

$$I = \langle S_{i3p}; S_{i3b}; \tau_i; B \rangle, S_i = \langle Atr_i; T_i \rangle, \quad (2)$$

где  $I$  – сообщение;  $i$  – индекс соответствия шагу в последовательности предъявления сообщений;  $S_{i3p}; S_{i3b}$  – составляющие сообщения, воздействующие на зрительный и слуховой рецепторы;  $\tau_i$  – время между появлением отдельных сообщений;  $B$  – характеристики фона при предъявлении сообщения:  $T_i$  – время нахождения сообщения в информационном поле;  $Atr_i$  – дополнительные свойства сообщения.

Мнемосхема является составляющей информационного сообщения, воспринимаемой через зрительный анализатор на уровне визуализации. Мнемосхема выполняет функцию сигнализации (нормальное состояние функционирования отражается зеленым полем символа, соответствующего технологическому агрегату, рис. 1). Система автоматизации осуществляет цепочку преобразований физического параметра в электрический сигнал и электрического сигнала в визуальный символ на поле мнемосхемы.

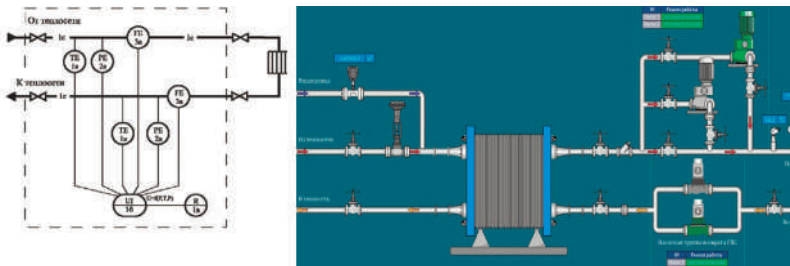


Рис. 1. Представление параметров сети ГВС в системе автоматизации на стадиях проектирования и эксплуатации

Маршрут проектирования системы автоматизации ГВС предусматривает: формирование технического задания; разработку конструкторской документации (функциональных, принципиаль-



сигнала;  $P_r$  – приоритет;  $P_{\text{н}}$  – уставка; КВОГ и КБУГ – отклонения от уставки.

Множество (2) как набор атрибутов сообщения позволяет рассматривать достоверность, полноту, своевременность сигнала о состоянии сети горячего водоснабжения на мнемосхеме системы автоматизации.

### **Литература**

1. *Ахремчик О. Л.* Процедурный подход к синтезу тестовых сообщений оператору АСУ // Мат. I межд. научно-техн. конф. «Актуальные проблемы науки и техники» 22 мая 2021 г. УИР ИжГТУ им. М. Т. Калашникова. Ижевск : ИжГТУ, 2021. С. 362–365.

2. *Ахремчик О. Л.* Автоматизация управления уровнем в парогенераторе ПГВ-1000 // Математические методы в технологиях и технике. 2021. № 1. С. 30–36.

УДК 697.353.26

*Бабакехян Алиса Вартановна,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: alisa.ina@yandex.ru*

*Babakekhyan Alisa Vartanovna,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: alisa.ina@yandex.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ПОТОЛОЧНЫМИ ИЗЛУЧАЮЩИМИ ПАНЕЛЯМИ**

### **FEATURES DESIGN OF WATER HEATING SYSTEMS WITH CEILING RADIATING PANELS**

Рассмотрены системы водяного отопления с потолочными подвесными излучающими панелями, применяемыми в помещениях общественных и производственных зданий высотой от 3 до 30 м. Отмечены основные преимущества таких конструкций панелей. Приведен пример конструкции панели.

В программном обеспечении SolidWorks была создана модель помещения и панели, позволяющая оценить неравномерность распределения температуры на поверхности ограждающих конструкций помещения. Выполнены исследования и получены температурные поля на поверхности внутренних ограждений помещения.

Сформулированы основные особенности проектирования систем водяного отопления с потолочными подвесными излучающими панелями.

*Ключевые слова:* системы отопления, потолочные излучающие панели, моделирование, проектирование.

Water heating systems with suspended ceiling radiating panels used in public and industrial buildings with a height of 3 to 30 m are considered. The main advantages of such panel designs are noted. An example of the panel design is given.

A model of the room and panel was created in the SolidWorks software, which allows to assess the uneven distribution of temperature on the surface of the enclosing structures of the room. Studies have been carried out and temperature fields have been obtained on the surface of the interior fences of the room.

The main features of the design of water heating systems with suspended ceiling radiating panels are formulated.

*Keywords:* heating systems, ceiling radiating panels, modeling, design.

Наибольшее применение в системах водяного отопления с потолочными излучающими панелями нашли подвесные панели. Панели такого типа представляют собой конструкцию, размещаемую под потолком помещения. Греющие элементы примыкают к нижней теплоотдающей поверхности, а с тыльной стороны выполняется тепловая изоляция для уменьшения теплопотуплений в подпотолочное пространство. Отмечается ряд преимуществ таких панелей [1]:

- малая тепловая инерционность;
- улучшение звукоизоляции помещения;
- возможность прокладки инженерных коммуникаций в пространстве над панелями;
- удобство проведения ремонта и обслуживания.

Пример потолочной излучающей панели компании «Теплопанель» (Россия) показан на рис. 1 [2]. Такие панели применяют для отопления помещений общественных и производственных зданий высотой от 3 до 30 м [1]. В качестве теплоносителя в потолочных излучающих панелях используется вода с температурой до 95 °С, которая передает теплоту трубам и излучающему экрану снизу панели.

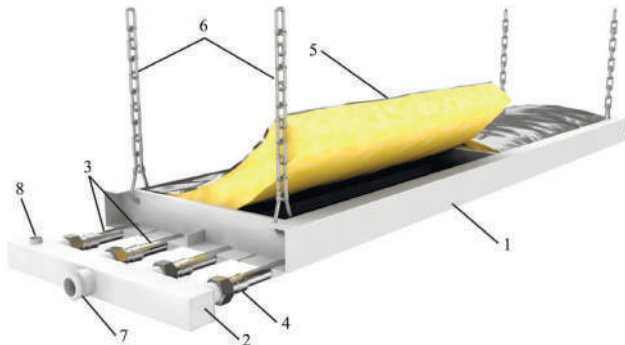


Рис. 1. Тепловая панель фирмы «Теплопанель»: 1 – излучающая панель; 2 – коллектор; 3 – стальные трубы; 4 – соединение коллектора; 5 – утеплитель из фольгированной минеральной ваты; 6 – цепи подвеса панели; 7 – подводящий штуцер коллектора; 8 – соединение для воздухоотводчика

При тепловизионной съемке производственного помещения с системой водяного отопления с инфракрасной потолочной панелью получены следующие данные (рисунок 2) [3]:

- температура теплоносителя – 47 °С;
- температура поверхности излучающего экрана на высоте 10 м от уровня пола – 43,0 °С;
- температура воздуха в рабочей зон – 19,9 °С;
- температура на поверхности покрытия здания на высоте 13 м от уровня пола – 19,9 °С;
- температура поверхности пола – 17,4 °С (точка 1) и 17,9 °С (точка 2) – рис. 2, б).

Тепловой поток от поверхности панели в основном передается в помещение за счет излучения. Температура ограждающих конструкций в этом случае неравномерна. При проектировании систем отопления эта неравномерность температуры должна быть учтена при оценке теплового комфорта в помещении. Например, при определении результирующей температуры. В дополнение к температуре воздуха она также учитывает среднюю радиационную температуру и скорость воздушного потока. При этом у проектировщиков нет методов расчета, с помощью которых можно было бы определить среднюю радиационную температуру помещения. В работах [4, 5] отмечается необходимость проверки значений результирующей температуры на границе обслуживаемой зоны.

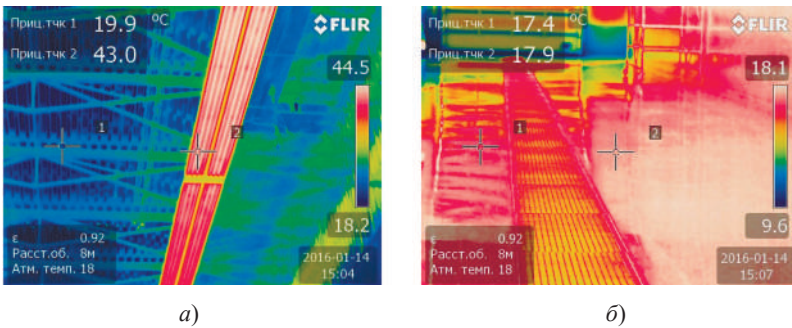


Рис. 2. Тепловизионная съемка поверхностей покрытия и пола здания с применением в системе отопления тепловой панели фирмы «Теплопанель»: а – покрытие здания; б – пол

Для оценки неравномерности распределения температуры на поверхности ограждающих конструкций помещения в программном обеспечении SolidWorks была создана модель помещения и панели со следующими характеристиками (рис. 2):

- габаритные размеры панели с 4-мя трубами – 1700×600 мм;
- теплоизоляционный материал – минеральная вата с коэффициентом теплопроводности 0,04 Вт/(м·К);
- температура теплоносителя (вода) – 60 °С;
- объемный расход воды – 0,05 м<sup>3</sup>/с;

Условно задано помещение размером 3000×2000×3000 (*h*) мм.

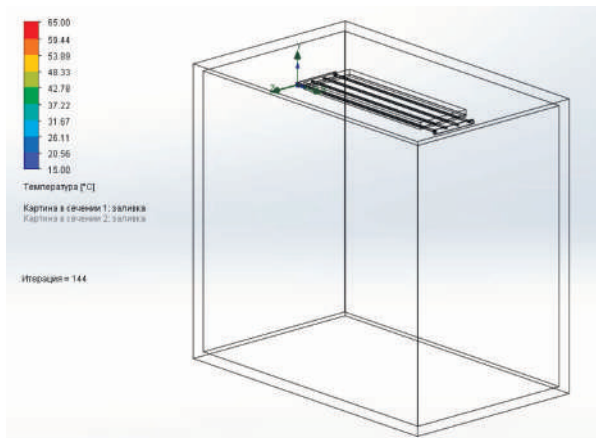


Рис. 3. Модель помещения и тепловой панели в программном обеспечении SolidWorks

При расчете получены распределения температур поверхностей ограждений помещений (рис. 4). Распределение температуры воздуха по высоте помещения равномерное. Отсутствует перегрев верхней зоны и недогрев нижней зоны помещения. Следует также отметить неравномерность в распределении температур поверхностей. В зоне пола (рис. 5), прилегающей к наружной стене помещения, и непосредственно на ней значения температур ниже, чем на остальных поверхностях внутренних ограждающих конструкций.



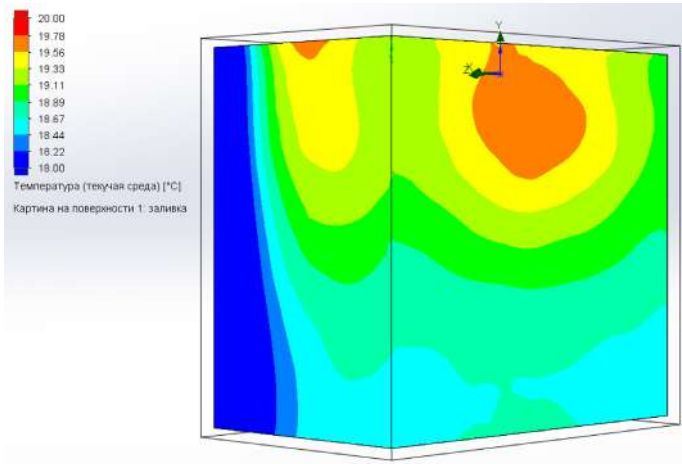


Рис. 4. Распределение температур поверхностей ограждений помещения

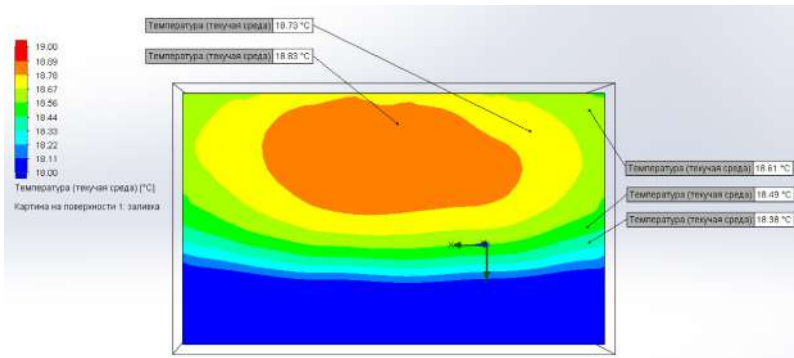


Рис. 5. Распределение температур поверхности пола

Сформулируем основные особенности проектирования систем водяного отопления с потолочными излучающими панелями исходя из результатов выполненного исследования:

- при расчете систем отопления необходимо учитывать распределение лучистого теплового потока на ограждающие конструкции помещения при оценке теплового комфорта в помещении;

- панели в помещении могут быть сконструированы как небольшие блоки, чтобы соответствовать объемному модулю помещения, что обеспечивает гибкость при зонировании условий в помещении;

- конструкция панели требует определения типа и площади панелей, их расположения и температуры подаваемой воды; теплопроизводительность панели зависит от условий в помещении

- панели относятся к малоинерционным отопительным приборам, что следует учитывать при выборе средств автоматического регулирования.

Стоит отметить еще одно преимущество панельно-лучистой системы. Оно состоит в возможности использования системы в теплый период года для охлаждения помещения. Возможно использование единой системы панельно-лучистого отопления и охлаждения, что в свою очередь поможет снизить затраты на инженерные системы здания в целом.

Наиболее часто такие системы отопления применяются в высоких помещениях с большой площадью. Например: автосалоны, торговые залы, производственные и складские помещения, офисы, спортивные залы, а также медицинские учреждения.

### Литература

1. Р НП «АВОК» 4.1.6-2009. Системы отопления с потолочными подвесными излучающими панелями. М. : ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2009. 34 с.
2. Водяные радиаторные отопительные лучистые модульные панели. Технический паспорт изделия. ООО «Строительные Новейшие Энергосберегающие Технологии. URL: [http://waterinpanel.com/Termopanel/Sertificat/Passport-Teplopanel\\_v02\\_2015.pdf](http://waterinpanel.com/Termopanel/Sertificat/Passport-Teplopanel_v02_2015.pdf) (доступ 20.03.2023).
3. Тепловизионная съемка работы системы отопления «ТЕПЛОПАНЕЛЬ». URL: [http://waterinpanel.com/news/teplovizionnaja\\_semka\\_raboty\\_sistemy\\_otoplenija\\_teplopanel/2016-04-06-68](http://waterinpanel.com/news/teplovizionnaja_semka_raboty_sistemy_otoplenija_teplopanel/2016-04-06-68) (доступ 20.03.2023).
4. *Малявина Е. Г., Ахвердашвили П. Г.* Расчет температурной обстановки, формирующейся в процессе лучисто-конвективного теплообмена в помещении // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 3(92). С. 120–125.
5. *Малявина Е. Г., Ландырев С. С.* Проверка выполнения требований ГОСТ 30494-2011 к параметрам внутренней среды на границе обслуживаемой зоны // АВОК, 2022, № 2. С. 40–42.

УДК 697:628.8

Дмитриев Юрий Александрович,  
аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: 6377227@mail.ru

Dmitriev Yuri Alexandrovich,  
postgraduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: 6377227@mail.ru

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### NUMERICAL STUDY OF THE THERMAL REGIME OF VARIOUS TYPES OF SERVER EQUIPMENT

В статье исследуется тепловой режим различных типов серверного оборудования при использовании местных систем кондиционирования воздуха в машинном зале центра обработки данных.

*Ключевые слова:* центр обработки данных, холодный коридор, горячий коридор, тепловой режим, серверное оборудование.

The article examines the thermal regime of various types of server equipment when using local air conditioning systems in the machine room of a data center.

*Keywords:* data center, cold aisle, hot aisle, thermal regime, server equipment.

#### Введение

В настоящее время, наиболее распространенными типами серверного оборудования в центрах обработки данных (ЦОД) являются шасси с блейд-серверами и сервера стоечного типа. Основные отличия между данными типами серверного оборудования заключаются в плотности вычислительной мощности в стойке, надежности, стоимости и функциональности. Как правило, для высокопроизводительной обработки кластеров данных, где требуется несколько серверов, выбирают серверное оборудование типа шасси с блейд-серверами. Это оборудование обладает высокой надежностью и стоимостью. В остальных случаях используют менее дорогостоящее стоечное серверное оборудование.

Одним из условий бесперебойной работы серверного оборудования является поддержание оптимальной температуры воздуха

в ЦОД в соответствии с действующими рекомендациями [1] и зарубежным стандартом [2].

Если значение температуры воздуха на входе в серверное оборудование превышает оптимальное значение ( $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), то возникают так называемые «горячие точки» – работа оборудования в таких местах может привести к его перегреву и выходу из строя. Таким образом, исследование теплового режима различных типов серверного оборудования с целью выявления условий формирования «горячих» точек является актуальным.

В данной работе на базе натурных обследований теплового режима наиболее распространенных типов серверного оборудования разработаны численные модели машинного зала ЦОД в программном комплексе STAR CCM+.

В качестве местных систем кондиционирования воздуха в исследовании использованы так называемые «прецизионные» кондиционеры, размещенные между стоек в каждом ряду. Согласно исследованиям [3, 4], в настоящее время данный тип кондиционеров является наиболее эффективным способом охлаждения серверного оборудования в ЦОД.

#### **Метод исследования и результаты**

Для построения геометрических моделей в программном комплексе STAR CCM+ принята конфигурация стоек и кондиционеров в помещении машинного зала, рекомендуемая одним из производителей оборудования систем кондиционирования воздуха [5]. Модели построены для двух вариантов чередования коридоров (рис. 1 а и 1 б) и двух типов серверного оборудования (стойечного типа и типа шасси с блейд-серверами). Во всех созданных моделях принято, что потребляемая электрическая мощность каждой стойки составляет  $4,7\text{ кВт/стойка}$ . При этом серверное оборудование стойечного типа полностью заполняет свободное пространство стоек в количестве 21 шт./стойка, а серверное оборудование типа шасси с блейд-серверами располагается в каждой стойке в количестве 1 шт. и занимает  $1/4$  высоты стойки (рис. 1 в и 1 г). Значения расхода  $L$  и разности температур  $\Delta T$  входящего и выходящего из серверного оборудования воздуха, необходимые для построения

моделей, получены в результате натурных измерений с помощью комбинированного прибора Testo 435-1 и зонда для измерения скорости и температуры воздуха (см. таблицу). Расположение точек измерений температуры и скорости воздуха на серверном оборудовании типа шасси с блейд-серверами представлено на рис. 2, на серверном оборудовании стоечного типа – на рис. 3. Граничные условия для воздуха в программном комплексе STAR CCM+ заданы уравнениями сохранения количества движения, массы и тепловой энергии. Для расчета турбулентных потоков в программе STAR CCM+ выбрана  $k-\epsilon$  модель турбулентности. Для расчета поверхностной сетки базовый размер ячейки принят 5 см.

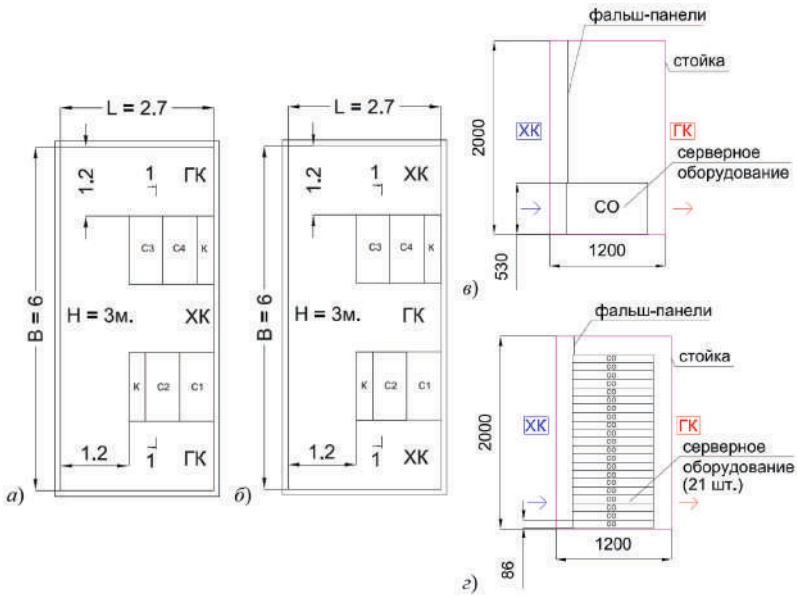


Рис. 1. Помещение машинного зала: *а* – план помещения с «холодным» коридором между рядами стоек; *б* – план помещения с «горячим» коридором между рядами стоек; *в* – серверная стойка с оборудованием типа шасси с блейд-серверами; *г* – серверная стойка с оборудованием стоечного типа: С1÷С4 – стойки с серверным оборудованием; К – кондиционер; СО – серверное оборудование; ХК – «холодный» коридор; ГК – «горячий» коридор

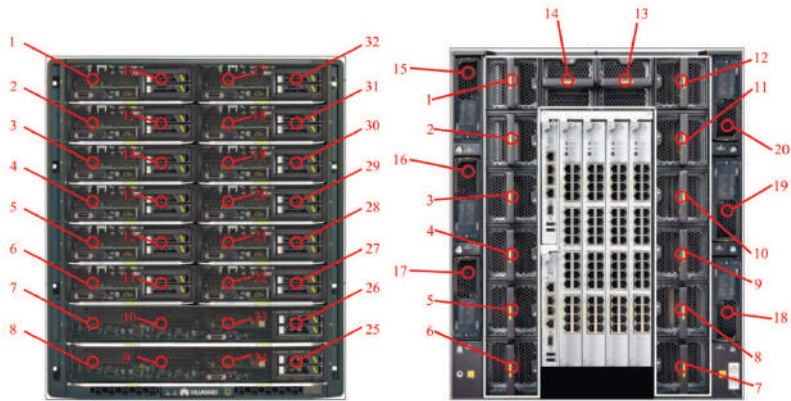


Рис. 2. Расположение точек измерения температуры и скорости воздуха на серверном оборудовании типа шасси с блейд-серверами

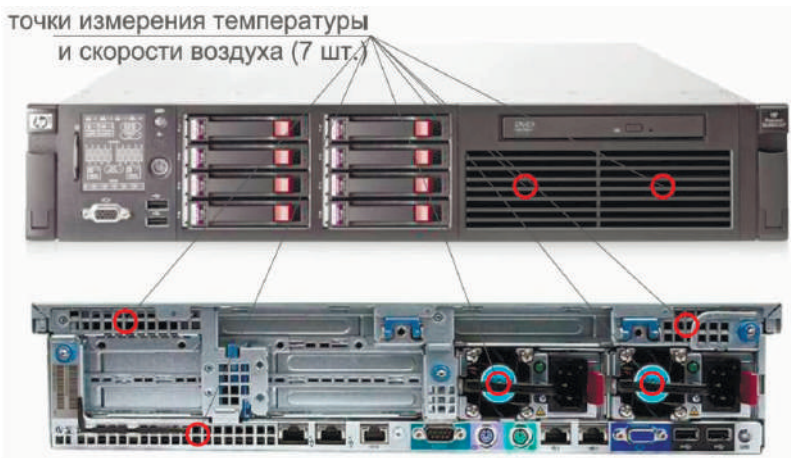


Рис. 3. Расположение точек измерения температуры и скорости воздуха на серверном оборудовании стоечного типа

### Результаты натуральных измерений на различных типах серверного оборудования

Тип серверного оборудования	Количество в стойке, шт.	Потребляемая электрическая мощность		Расход воздуха		$\Delta T$ , °C
		$P$ , Вт	$\sum P$ , Вт	$L$ , м <sup>3</sup> /ч	$\sum L$ , м <sup>3</sup> /ч	
Шасси с блейд-серверами	1	4700	4700	850	850	16,5
Сервер стоечного типа	21	224	4700	48	1000	13,8

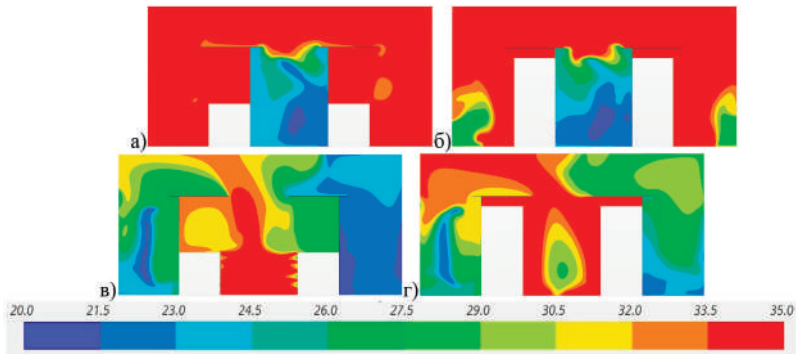


Рис. 4. Поля распределения температуры воздуха (°C), представленные в виде сечений 1–1 модели машинного зала в плоскости  $y-z$ : *a* – вариант с «холодным» коридором между рядами стоек и серверным оборудованием типа шасси с блейд-серверами; *б* – вариант с «холодным» коридором между рядами стоек и серверным оборудованием стоечного типа; *в* – вариант с «горячим» коридором между рядами стоек и серверным оборудованием типа шасси с блейд-серверами; *г* – вариант с «горячим» коридором между рядами стоек и серверным оборудованием стоечного типа

В результате численного исследования выявлено:

1) Для вариантов с «холодным» коридором между рядов стоек, температура входящего в стойки воздуха не зависит от типа, устанавливаемого в стойках, серверного оборудования (рис. 4 *a*, 4 *б*);

2) Для вариантов с «горячим» коридором между рядов стоек (рисунки 4 в, 4 з):

- значение средней температуры воздуха на входе в стойки с серверным оборудованием стоечного типа на  $2 \div 3$  °С выше значения средней температуры воздуха, входящего в серверное оборудование типа шасси с блейд-серверами;
- вне зависимости от типа серверного оборудования, установленного в стойках, расположение кондиционера в конце ряда стоек по сравнению с расположением у стены помещения машинного зала позволяет на  $3 \div 5$  °С снизить температуру воздуха, входящего в стойки.

### **Выводы**

В результате численного исследования теплового режима различных типов серверного оборудования при использовании местных систем кондиционирования воздуха выявлено следующее:

1) Для вариантов с «холодным» коридором между рядов стоек, тепловой режим серверного оборудования не зависит от типа оборудования;

2) Для вариантов с «горячим» коридором между рядов стоек, использование серверного оборудования типа шасси с блейд-серверами с учетом расположения кондиционеров в конце ряда стоек является наиболее рациональным решением с точки зрения обеспечения оптимальной температуры воздуха.

### **Литература**

1. Методические рекомендации по проектированию центров обработки данных : НП «АВОК» / [разраб.: д-р техн. наук С. И. Бурцев – ответственный исполнитель, д-р техн. наук Ю. А. Табунщиков, В. С. Бурцева, С. А. Гастев, С. В. Миронова, Ю. А. Третьякова]. – М. : Минстрой России, 2019. – 43 с.

2. ASHRAE TC9.9 Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices. URL:[https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/ASHRAE\\_TC909\\_Power\\_White\\_Paper\\_22\\_June\\_2016\\_REVISIED.pdf](https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/ASHRAE_TC909_Power_White_Paper_22_June_2016_REVISIED.pdf) (доступ: 26.03.2023).

3. Abbas A. M., Huzayyin A. S., Mouneer T. A., Nada S. A. Effect of data center servers' power density on the decision of using in-row cooling or perimeter cooling // Alexandria Engineering Journal. 2021. Vol. 60. Pp. 3855–3867.



4. *Jetsadaporn Priyadumkol, Chawalit Kittichaikarn.* Application of the combined air-conditioning systems for energyconservation in data center // *Energy and Buildings.* 2014. Vol. 68. Pp. 580–586.

5. Liebert CRV, Row-based Cooling Unit. URL: <https://www.vertiv.com/ru-emea/products-catalog/thermal-management/in-row-cooling/liebert-crv-row-based-cooling-unit/> (доступ: 26.03.2023).

УДК 625.09

*Жуковский Егор Михайлович,*  
ст. преподаватель  
(Белорусский национальный  
технический университет)  
*E-mail: zhukovskye@gmail.com*

*Zhukouski Egor Mikhaylovich,*  
senior lecturer  
(Belarusian National  
Technical University)  
*E-mail: zhukovskye@gmail.com*

## **ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ С РАЗНОПРОЧНОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДОЙ**

### **ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF A ROAD WITH DIFFERENT STRENGTH PAVEMENTS**

В статье рассмотрены вопросы оценки воздействия на окружающую среду автомобильной дороги с разнопрочной дорожной одеждой на всех этапах жизненного цикла. Автодорожный комплекс оказывает существенное влияние на окружающую среду. Это объясняется его протяженностью, и большим количеством различных участников дорожного движения. Это и вызывает наибольшие негативное воздействие на окружающую среду, поскольку, в отличие от локальных загрязнителей АБЗ создают значительные трудности в снижении их воздействия. Можно считать, что основным показателем, обеспечивающим влияние на окружающую среду автомобильной дороги, является ее качество. Так снижение качества дороги существенно влияет на параметры транспортного потока и удобство движения автомобилей, что и влияет на величину выбросов загрязняющих веществ. Кроме того, это приводит и к дополнительным затратам на ремонт дорог, что требует производства дополнительных ремонтных материалов, связанных с изъятием природных ресурсов. Таким образом, разнопрочные дорожные одежды позволяют снизить воздействие на окружающую среду автомобильной дороги.

*Ключевые слова:* автомобильная дорога, экология дорог, дорожные одежды, разнопрочная дорожная одежда, транспортный поток.

The article deals with the issues of assessing the environmental impact of a road with different-strength pavement at all stages of its life cycle. The road complex has a significant impact on the environment. This is due to its length, and a large number of different road users. This is what causes the greatest negative impact on the environment, since, unlike local pollutants (APS), they create significant difficulties in reducing their impact. We can assume that the main indicator that ensures the

impact on the environment of the road is its quality. Thus, a decrease in the quality of the road significantly affects the parameters of the traffic flow and the ease of movement of cars, which affects the amount of pollutant emissions. In addition, this leads to additional costs for road repairs, which requires the production of additional repair materials associated with the withdrawal of natural resources. Thus, multi-strength pavements will reduce the environmental impact of the road.

*Keywords:* road, road ecology, pavement, multi-strength pavement, traffic flow.

Воздействия погодного-климатического и геолого-гидрологического характера, а также транспортного потока на дорожные конструкции автомобильных дорог вызывает их разрушение. Причем при этом зачастую традиционных конструкции нежестких дорожных одежд разрушаются значительно раньше, чем заложено в проектной документации.

Разрушение дорожных одежд сопряжено с увеличением негативного воздействия транспортных объектов на окружающую среду. Причем эти процессы имеют различную природу.

Так ухудшение качества дорожного покрытия приводит к снижению средней скорости движения по автомобильной дороге. Если учесть, что существуют зависимости [1], показывающие связь скорости движения транспортных средств с объемами выбросов загрязняющих веществ, показанная на рис. 1, то можно сделать вывод, что при снижении скоростей движения на автомагистралях до 80 км/ч приведет к снижению объемов выбросов загрязняющих веществ.

Однако следует учитывать, что при ухудшении качества происходит локально. Водителям приходится часто изменять скорости движения и маневрировать. При этом следует помнить, что изменение скорости движения приводит к существенному изменению объемов выбросов загрязняющих веществ. Так, например, при торможении количество выбросов окиси углерода увеличивается на 40 %, а при разгоне на 10 % [2, с. 65].

Разрушение дорожных покрытий, особенно преждевременное, вызывает потребность в ремонтах. Для ремонта используются ремонтные материалы, состоящие из природного сырья (песок, щебень, битум и др.), приготавливаемые на предприятиях дорожной индустрии.

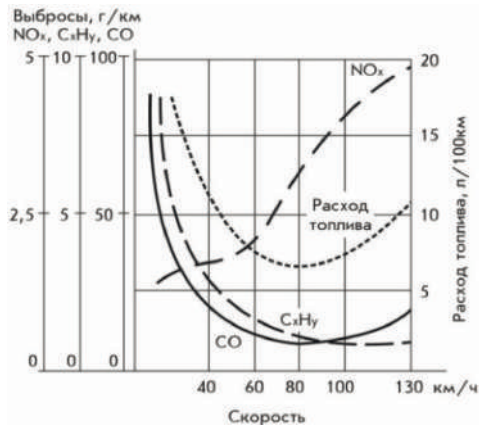


Рис. 1. Влияние скорости движения на расход топлива и выбросы загрязняющих веществ

Таким образом, величина воздействия на окружающую среду увеличивается, за счет выбросов от предприятий дорожной индустрии, а также за счет увеличения объемов изъятия природных ресурсов для производства ремонтных материалов.

Учитывая это, для снижения негативного воздействия на окружающую среду автомобильных дорог необходимо в первую очередь повышать их качество и увеличивать долговечность.

Одним из способов является устройство более прочных конструкций. Однако, учитывая, что на многополосных дорогах полосы загружены не равномерно (большей нагрузке подвержены первые полосы), то такое решение не является рациональным, поскольку вызывает только перерасход ресурсов. Наиболее оптимальным является устройство разнопрочных дорожных одежд, под которыми понимают такие конструкции, в которых прочность распределяется неравномерно по ширине проезжей части, как показано на рис. 2, и соответствует реальным нагрузкам [3].

Не маловажным является и сокращение сроков весенних ограничений на дорогах. Сокращение сроков сезонных ограничений позволяет существенно не перестраивать логистические цепочки,

которые вызывают перепробег транспорта. Это также позволяет сократить выбросы загрязняющих веществ от транспортных средств.



Рис. 2. Распределение прочностных показателей разнопрочной дорожной конструкции по ширине проезжей части

Таким образом, применение разнопрочных дорожных одежд по ширине проезжей части автомобильной дороги позволяет рационально использовать природные ресурсы в дорожном строительстве, решать экологические проблемы, связанные с дорожно-строительным и транспортным комплексом, обеспечивать экономический рост, что в конечном итоге будет способствовать достижению Целей устойчивого развития.

### Литература

1. Транспортная экология : лабораторный практикум для студентов специальностей 1-44 01 01 «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте», 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» и 1-44 01 06 «Эксплуатация интеллектуальных транспортных систем на автомобильном и городском транспорте» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Транспортные системы и технологии» ; [составители: С. С. Семченков, Д. В. Капский]. – Минск : БНТУ, 2017. – 63 с.

2. Орнатский Н. П. Автомобильные дороги и охрана природы / Н. П. Орнатский. – Москва : Транспорт, 1982. – 176 с.

3. Жуковский Е. М. Методика проектирования и конструирования жестких дорожных одежд с различной прочностью по ширине проезжей части / Е. М. Жуковский // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 6(95). – С. 125–133. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-6-125-13.

**УДК 504.06**

*Заборщикова Люсьена Игоревна,*

студент

*Орлова Полина Сергеевна,*

студент

*Филиппова Марина Романовна,*

студент

*Лазурина Мария Александровна,*

ассистент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: mary.lazurina@gmail.com*

*Zaborshchikova Lyus'yena Igorevna,*

student

*Orlova Polina Sergeyevna,*

student

*Filippova Marina Romanovna,*

student

*Lazurina Mariya Aleksandrovna,*

assistant lecturer

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: mary.lazurina@gmail.com*

## **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА**

### **THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON CLIMATE CHANGE**

Одной из глобальных экологических проблем является изменение климата. Под ним понимаются долгосрочные температурные изменения и изменение погодных условий. Антропогенная деятельность выступает ведущим фактором в вопросе изменения климата, главным образом за счет сжигания ископаемых видов топлива: угля, нефти и природного газа. В результате сжигания топлива образуются парниковые газы, которые, накапливаясь в атмосфере, задерживают тепловое излучение Земли. В настоящей статье рассмотрены основные виды топлива, используемые для получения тепловой и электрической энергии, анализируется степень их влияния на экологические процессы, а также возможные пути решения проблемы изменения климата.

*Ключевые слова:* сжигание топлива, парниковые газы, изменение климата, возобновляемые источники энергии, энергетика, биоэнергетика.

One of the global environmental problems is climate change. It refers to long-term temperature changes and changes in weather conditions. Anthropogenic activity is a leading factor in climate change, mainly due to the burning of fossil fuels: coal, oil and natural gas. As a result of burning fuel, greenhouse gases are formed, which, having accumulated in the atmosphere, delay the thermal radiation of the Earth and do not allow heat to escape into space. This article discusses the main types of fuels used to produce heat and electricity, analyzes the degree of their impact on environmental processes, as well as possible solutions to this problem.

*Keywords:* fuel combustion, greenhouse gases, climate change, renewable energy, energy, bioenergy.

Сжигание органического топлива – наиболее дешевый и эффективный способ получения тепловой и электрической энергии. До 70–90 % энергии, вырабатываемой в различных странах мира, приходится на органическое ископаемое топливо.

Наибольшее распространение среди горючих полезных ископаемых получил уголь. Данный вид топлива – наиболее вредный для окружающей среды с точки зрения объемов выброса газообразных продуктов. Также при сжигании угля образуется достаточно большое количество твердых отходов ввиду высокой зольности топлива. Кроме того, основным компонентом угля является углерод, который при сгорании вступает в реакцию с кислородом воздуха с образованием углекислого газа  $\text{CO}_2$ , относящегося к парниковым газам.

В процессе добычи угля выделяется другой парниковый газ – метан. Несмотря на то, что вклад в глобальное потепление данного газа сравнительно мал (5–10 %), его парниковая активность в 25–30 раз больше, чем у углекислого газа, а его концентрации растут в 3–4 раза быстрее. Цикл жизни метана в атмосфере достаточно короткий: всего 10–12 лет. Это означает, что эффект от сокращения выбросов метана проявится практически сразу, а не через сотни лет, как в случае с  $\text{CO}_2$  [1].

Природный газ используется для выработки тепловой и электроэнергии, отопления жилых и промышленных помещений, а также в различных отраслях промышленности. По сравнению с другими видами топлива и сырья природный газ обладает следующими преимуществами: относительно низкая стоимость добычи и относительно невысокая степень загрязнения воздушного бассейна. Однако, процесс добычи газа приводит к выделению токсичных веществ в атмосферу, водные объекты и почвы.

Нефть – ископаемое топливо, состоящее преимущественно из сложной смеси углеводородов. При эксплуатации нефтяных месторождений в воздух попадает большое количество сероводорода

и сернистого газа. Все это приводит к выбросу парниковых газов. При этом происходит выделение токсичных веществ в атмосферу: бензола, фенола, толуола. Кроме того, сжигание попутного нефтяного газа является одним из источников светового загрязнения окружающей среды.

Если говорить об атомной энергии, то стоит отметить, что атомные электростанции (АЭС) не зависимо от мощности не выбрасывают в атмосферу парниковые газы, их эксплуатация серьезно уменьшает общую эмиссию  $\text{CO}_2$ . Атомную энергетику вполне можно называть «зеленой». Однако, при ее применении неизбежно образуются вредные ядерные отходы. Главное преимущество атомной энергетики заключается в ее мощности: 1 грамм урана-235 дает количество энергии, превышающее от такого же количества угля более чем в 2 млн раз [2].

Теперь рассмотрим возобновляемые источники энергии (ВИЭ): ветровую, солнечную, геотермальную, гидроэнергетику и другие технологии, производящие энергию практически без выбросов углекислого газа.

Главным видом возобновляемой энергии является гидроэлектрическая. На гидроэлектростанциях (ГЭС) приходится более 50 % возобновляемых источников. Но, для функционирования ГЭС обязательным условием является наличие узкого ущелья и реки. Однако, перегораживание рек оказывает сильное влияние на экосистему данной местности.

Основным преимуществом солнечной энергии является то, что она практически неисчерпаемая. Освещенная часть нашей планеты постоянно принимает поток излучения мощностью 120 ПВт. Данное значение в 10 000 раз превышает потребление энергии населением Земли. Всего в мире установлено батарей на 500 ГВт. КПД этих батарей достигает 20 %. Но из-за смены времени суток, погодных условий и других факторов, получаемое количество солнечной энергии не постоянно.

Другой известный возобновляемый источник – ветроэнергетика. Ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн  $\text{CO}_2$ , 9 тонн  $\text{SO}_2$ , 4 тонн оксидов



азота  $\text{NO}_x$ . Из-за сравнительно больших габаритов ветроэнергетических установок ветряную энергию активно перемещают в море (офшорные ветряные ЭС). Прибрежные ветра намного сильнее и менее порывисты. Благодаря этому возможна выработка большего количества энергии. Но, как и солнечная, ветровая энергетика сильно зависит от погодных условий. Кроме того, эти виды энергетике дороже атомной. Сейчас ведутся исследования в области разработки методов сокращения затрат на аккумуляцию полученной от солнца и ветра энергию [2].

Геотермальные электростанции (ГеоЭС) вырабатывают электрическую энергию из тепловой энергии подземных источников. Преимущество геотермальной энергии заключается в ее неиссякаемости и полной независимости от любых внешних факторов. Ни один источник альтернативной энергии не в состоянии достичь показателя коэффициента использования установленной энергии ГеоЭС – 80 %. Недостатками этого вида энергетике являются высокая стоимость бурения скважин и малое количество мест, где строительство ГеоЭС будет рациональным.

Приливная электростанция (ПЭС) – вид ГЭС, использующий энергию приливов, а фактически кинетическую энергию вращения Земли. Их строительство ведется на берегах морей, здесь под действием гравитационных сил Луны и Солнца два раза сутки изменяется уровень воды. Сегодня в мире эксплуатируется всего 10 приливных электростанций. Согласно теоретическим расчетам, в будущем энергия волн и приливов может обеспечить от 12 % до 25 % мировой потребности в электроэнергии [3].

Как отдельная отрасль рассматривается биоэнергетика. Она основана на использовании биотоплива (растительного или животного происхождения), образующегося из биомассы в результате естественных процессов, а также антропогенной деятельности. Различают жидкое биотопливо (этанол, метанол, биодизель), твердое биотопливо (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, и другие биоразлагаемые отходы) и газообразное (биогаз, водород, метан).

Энергия, получаемая таким образом, является возобновляемой и относительно недорогой. В процессе ее выработки происходит

минимальный выброс в атмосферу парниковых газов. За счет этого развитие биоэнергетики в долгосрочной перспективе будет способствовать уменьшению температуры на планете [4].

Стоит учесть, что биоэнергетика не приводит к избыточному содержанию углекислого газа только в том случае, если биомасса восстанавливается в объеме, необходимом для поглощения такого же либо большего его объема. В определенных регионах биоэнергия производится из деревьев, которым требуются десятилетия, чтобы вырасти, чтобы компенсировать выброс образующегося при сжигании углекислого газа.

Применение биоэнергетики связано с такими экологическими проблемами, как увеличение темпов вырубки лесов, изменение состава атмосферного воздуха и сохранение биоразнообразия. В связи с этим биоэнергетику следует развивать рационально наряду с иными способами получения энергии. В зависимости от метода производства сырья и выработки топлива некоторые культуры могут производить даже больше парниковых газов, чем ископаемое топливо. Например, азотные удобрения выделяют закись азота, парникового газа с потенциалом глобального потепления в 300 раз выше, чем у двуокиси углерода.

На сегодняшний день изменение климата, обусловленное выбросами парниковых газов, становится все более острой глобальной экологической проблемой. Ожидается, что к концу столетия концентрация  $\text{CO}_2$  может увеличиться примерно в 2 раза. Ученые считают, что среднегодовая температура может повыситься к 2050 году на 2–4 °C в умеренных широтах и более чем на 10 °C на полюсах. При этом, несмотря на стабильный рост доли возобновляемых источников энергии, конкурентоспособной альтернативы традиционным технологиям сжигания углеводородов нет.

По данным Международного энергетического агентства, наибольшая доля выбросов углекислого газа приходится на предприятия черной металлургии (30 %) и цементной промышленности (26 %). Спрос на продукцию этих отраслей вырастет к 2050 г. на 30 % и 22 % соответственно. Технологии улавливания и захоронения углерода признаны критически важными для сдерживания роста температуры на планете в пределах 1,5–2 °C к 2050 г [5].

В качестве одной из мер по сокращению выброса парниковых газов в атмосферу выступает «цены на углерод» – плата, которая применяется к компаниям, сжигающим топливо. Налог на углерод широко признан и считается эффективным. Однако, повышение цен на топливо повлечет за собой повышение цен на продукты питания, которые перевозятся на транспорте, используемом топливо, что для значительной части населения станет большой проблемой. Поэтому налог на углерод нужно вводить постепенно, минимизируя экономическую угрозу для населения.

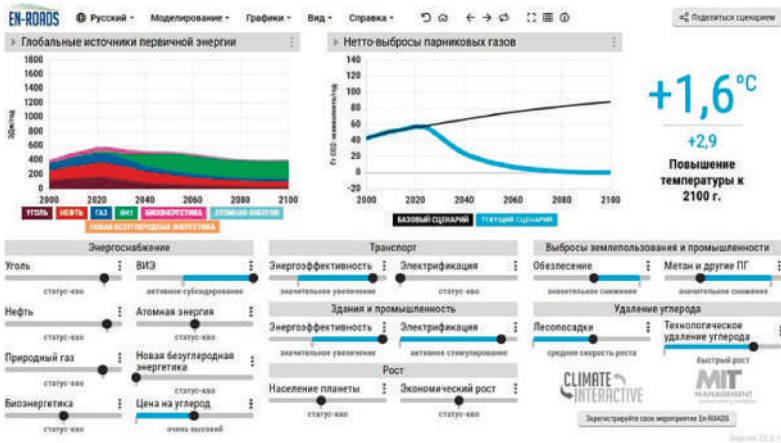
Следующим направлением является повышение энергоэффективности транспорта и жилых зданий. Энергоэффективность автотранспорта повышается за увеличения количества транспортных средств, работающих на сжиженном газе или же электричестве, что значительно снижает выбросы в атмосферу. Так же такое топливо в разы дешевле. Энергоэффективность в строительстве подразумевает применение современных эффективных теплоизоляционных материалов зданий различного назначения, а также снижение энергопотребления в промышленности.

Для моделирования влияния различных факторов был создан симулятор климатических решений En-ROADS. Этот инструмент позволяет оперативно произвести оценку, какое влияние на изменение температуры окажет тот или иной фактор или совместное действие нескольких факторов, а также получить наглядную иллюстрацию распределения долей энергетических ресурсов на гистограмме и график климатических изменений. На основании полученных данных можно выявить, как за счет принятия решений в области энергетики, землепользования, потребления ресурсов и налоговой политики можно повлиять на изменение температуры в долгосрочной перспективе [6].

В данном симуляторе была построена информационная модель климатических изменений (см. рисунок).

На графике линия базового сценария отражает, каким образом будут происходить изменение климата без внедрения каких-либо мероприятий (в этом случае изменение температуры принимается равным 3,6 °С. Линия текущего сценария показывает изменение

климата при внесении изменений в энергетическую политику. Для достижения оптимального результата были приняты следующие решения: увеличение доли ВИЭ, повышение цены на углерод, повышение энергоэффективности зданий и транспорта, снижение темпов вырубки лесов с одновременным увеличением лесопосадки, а также внедрение мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов с развитием технологии их удаления, что позволило снизить увеличение температуры до 1,6 °С.



Модель климатических изменений

## Литература

1. Денисов С. Н., Елисеев А. В., Мохов И. И. Изменения климата в глобальной модели ИФА РАН с учетом взаимодействия с метановым циклом при антропогенных сценариях семейства RCP // *Метеорология и гидрология*. 2013 г. № 11. С. 30–41.
2. Пономарев-Стенной Н. Н. Роль атомной энергетики в структуре мирового энергетического производства XXI века. // *Экологические системы*. 2006 г. № 8.
3. Безруких П. П. Ветроэнергетика. Справочно-методическое издание. URL: [https://rawi.ru/wp-content/uploads/2021/01/vetroenergetika-spravochno-metodicheskoe-izdanie-by-bezrukih-p.p.-bezrukih-p.p.-ml.-gribkov-s.v.-z-lib.org\\_.pdf](https://rawi.ru/wp-content/uploads/2021/01/vetroenergetika-spravochno-metodicheskoe-izdanie-by-bezrukih-p.p.-bezrukih-p.p.-ml.-gribkov-s.v.-z-lib.org_.pdf) (дата обращения: 15.03.2023).

4. Воздействие биотоплива на окружающую среду. URL: <https://www.fao.org/3/i0100r/i0100r05.pdf> (дата обращения: 15.03.2023).

5. Natural Gas Offers Little Benefit in Fight against Global Warming. URL: <https://www.scientificamerican.com/article/natural-gas-offers-little-benefit-in-fight-against-global-warming/> (дата обращения: 15.03.2023).

6. Симулятор климатических решений En-ROADS // En-ROADS URL: <https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?v=23.2.1> (дата обращения: 15.03.2023).

**УДК 697.35**

*Карпова Юлия Анатольевна,*  
магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: julia.karpova.1999@mail.ru*

*Karpova Yulia Anatolyevna,*  
Master's degree student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: julia.karpova.1999@mail.ru*

## **МЕТОДИКА ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

### **METHOD OF THERMAL CALCULATION OF WATER HEATING SYSTEMS**

В статье рассмотрена методика теплового расчета систем водяного отопления. Приведены зависимости, позволяющие учесть влияние параметров работы систем отопления на тепловой поток отопительного прибора. Отмечено, что для выбора отопительного прибора необходимо определить требуемый номинальный тепловой поток. Рассмотрено влияние способа установки отопительного прибора на тепловой поток. Имеющиеся справочные данные по секционным радиаторам дополнены сведениями, приведенными в литературе. Приведены также данные для учета способа установки стальных панельных радиаторов и рекомендации по их установке. Отмечена необходимость в методике определения длины отопительного прибора под световым проемом и рекомендаций по определению влияния данного фактора на параметры микроклимата помещения.

*Ключевые слова:* водяное отопление, тепловой расчет, отопительные приборы.

The article considers the method of thermal calculation of water heating systems. The dependences allowing to take into account the influence of the parameters of the heating systems on the heat flow of the heating device are given. It is noted that in order to accept a heating device, it is necessary to determine the required nominal heat flow. The influence of the method of installation of the heating device on the heat flow is considered. The available reference data on sectional radiators are supplemented with the information given in the literature. Data are also provided to take into account the installation method of steel panel radiators and recommendations for their installation. The need for a methodology for determining the length of the heating device under the light opening and recommendations for determining the influence of this factor on the parameters of the microclimate of the room is noted.

*Keywords:* water heating, thermal calculation, heating devices.

При тепловом расчете системы отопления необходимо определить тип и типоразмер устанавливаемых в помещении отопительных приборов. Тепловой поток отопительного прибора должен соответствовать тепловой нагрузке помещения. Методика теплового расчета систем водяного отопления, разработанная в 1984 году [1], приведена в справочнике [2]. В качестве основной величины, определяемой при испытаниях отопительных приборов в испытательной камере, является номинальный условный тепловой поток  $Q_{н.у}$ , Вт [3].

При проектировании систем отопления необходимо учесть фактические условия работы отопительного прибора, влияющие на его тепловой поток. Определяется требуемый номинальный тепловой поток отопительного прибора [2]

$$Q_{н.т} = Q_{пр} / \varphi_k, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $Q_{пр}$  – необходимый тепловой поток отопительного прибора в помещении, Вт;  $\varphi_k$  – комплексный коэффициент приведения номинального теплового потока к расчетным условиям.

Комплексный коэффициент приведения  $\varphi_k$  учитывает влияние на тепловой поток разности средней температуры теплоносителя в отопительном приборе и температуры внутреннего воздуха в помещении, расхода теплоносителя, схемы движения теплоносителя в приборе и атмосферного давления.

Кроме вышеуказанных факторов в методике теплового расчета для радиаторов секционного типа учитывается число секций в приборе (коэффициент  $\beta_3$ ), способ установки радиаторов (коэффициент  $\beta_4$ ) и влияние окраски поверхности.

Рассмотрим влияние способа установки отопительного прибора на тепловой поток. При применении различных укрытий отопительных приборов ограничивается доступность и удобство очистки приборов и изменяется тепловой поток по сравнению с результатами испытаний в испытательной камере. Уменьшаются теплопоступления от поверхности отопительного прибора за счет излучения или конвекции.

Способ установки отопительного прибора оказывает влияние на тепловой поток в следующих случаях:

- размещение под подоконной доской;
- установка приборов в нестандартных положениях, например, низко над полом, близко к стене, размещение в нише и т. д.;
- использование различных укрытий.

В справочнике [2] приведены данные по значениям коэффициента  $\beta_4$  для секционных радиаторов (табл. 1). В табл. 2 эти данные дополнены информацией, приведенной в [4].

На тепловые характеристики панельных радиаторов по сравнению с условиями в испытательной камере существенно влияет расстояние от верхнего края отопительного прибора до нижнего края подоконной доски. Особенно это проявляется в многопанельных радиаторах, где расстояние менее 100 мм приводит к существенному снижению теплового потока [4, 5]. В связи с этим рекомендуется не устанавливать многопанельные радиаторы под выступающий подоконник или устанавливать их с расстоянием от верхнего края до подоконника более 150 мм.

На рис. 1 приведены данные по снижению теплового потока для стальных панельных радиаторов в зависимости от расстояния от верхнего края отопительного прибора до подоконника,  $h$ , мм, для различных типов радиаторов (рис. 2). Значения коэффициента  $\beta_4$  в этом случае могут быть определены по зависимости

$$\beta_4 = \frac{1}{f}, \quad (2)$$

где  $f$  – доля снижения теплового потока панельного радиатора в зависимости от высоты  $h$  и типа радиатора.


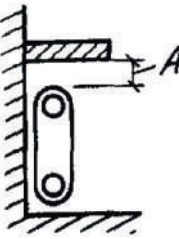
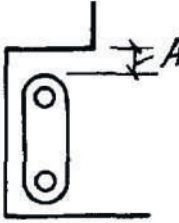
Кривые на рис. 1 показывают, что чем больше конвективная составляющая для радиатора (например, для типа 33 конвективная составляющая равна 82 % от полного теплового потока), тем большее влияние на тепловой поток оказывает высота  $h$ . Лучистая составляющая изменяется незначительно. Таким образом, можно говорить о том, что подоконная доска действует как препятствие



для свободных конвективных потоков и, таким образом, снижает коэффициент конвективной теплоотдачи. Для пластинчатого радиатора типа 10 с одной панелью изменение теплового потока при уменьшении высоты  $h$  очень мало [4].

Таблица 1

Значения коэффициента  $\beta_4$   
для секционных радиаторов [2]

Эскиз установки прибора	Способ установки прибора	$A$ , мм	$\beta_4$
	У стены, открыто		1,00
	У стены без ниши и перекрыт доской в виде полки	40 80 100	1,05 1,03 1,02
	В стенной нише	40 80 100	1,11 1,07 1,06

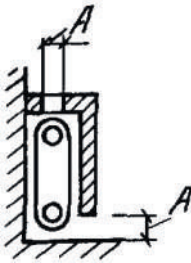
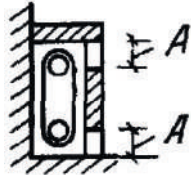
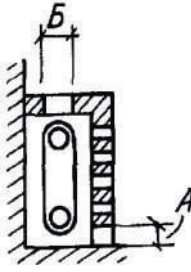
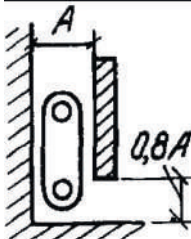

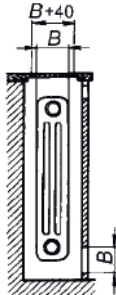
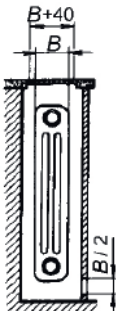
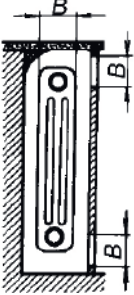
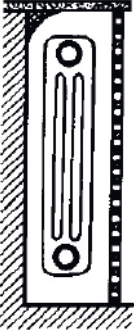
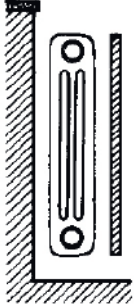
Эскиз установки прибора	Способ установки прибора	А, мм	$\beta_4$
	<p>У стены без ниши и закрыт деревянным шкафом со щелями в его передней стенке у пола и в верхней доске</p>	<p>260 220 180 150</p>	<p>1,12 1,13 1,19 1,25</p>
	<p>То же, но со щелями в верхней части передней доски: – открытыми – закрытыми сетками</p>	<p>130 130</p>	<p>1,2 1,4</p>
	<p>У стены без ниши и закрыт шкафом; в верхней доске шкафа прорезана щель Б, ширина которой не менее глубины прибора. Спереди шкаф закрыт деревянной решеткой, не доходящей до пола на расстояние А (не менее 100 мм)</p>	<p>100</p>	<p>1,15</p>
	<p>У стены без ниши и закрыт экраном, не доходящим до пола на расстояние 0,8А</p>		<p>0,9</p>

Таблица 2

Значения коэффициента  $\beta_4$  для секционных радиаторов [4]

Эскиз установки прибора	Способ установки прибора	$B$ , мм	$\beta_4$
	У стены без ниши и перекрыт доской в виде полки	Размер $B$ равен глубине радиатора	1,04
	У стены без ниши и закрыт деревянным шкафом со щелями в его передней стенке у пола и в верхней доске	То же	1,09
	У стены без ниши и закрыт деревянным шкафом со щелями в его передней стенке у пола и в верхней доске	То же	1,15

Эскиз установки прибора	Способ установки прибора	$B$ , мм	$\beta_4$
	У стены без ниши и закрыт деревянным шкафом со щелями в его передней стенке у пола и в верхней части передней доски	То же	1,11
	У стены без ниши и перекрыт доской в виде полки с установкой фронтальной решетки	То же	1,18
	У стены без ниши и закрыт экраном, не достоящим до пола на расстояние 70 мм	То же	0,91

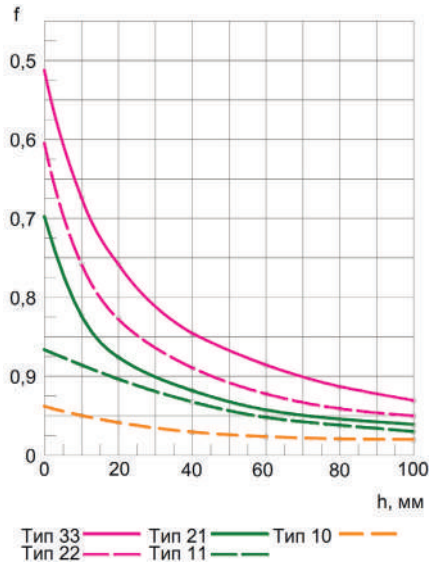


Рис. 1. Уменьшение теплового потока панельного радиатора в зависимости от расстояния от прибора до подоконной доски

При монтаже панельных радиаторов рекомендуется обеспечивать [5]:

- зазор между полом и низом радиатора не менее 75 % глубины прибора в установке;
- зазор между полом и низом радиатора не более 200 мм;
- установка радиатора на кронштейнах на стене с зазором не менее 25 мм;
- зазор между верхом радиатора и низом подоконника не менее 90 % глубины радиатора в установке при высоте радиатора 500 мм и 75 % – при высоте 300 мм.



Рис. 2. Обозначение типов стальных панельных радиаторов

При подборе отопительных приборов, устанавливаемых под световым проемом, необходимо определить длину прибора [6]. При этом длина отопительного прибора принимается «максимально возможной для перекрытия светового проема (окна) в медицинских организациях, дошкольных образовательных организациях, общеобразовательных организациях, домах интернатах для престарелых и инвалидов» [6]. Методика расчета длины отопительного прибора под световым проемом отсутствует, поэтому имеется практическая необходимость в такой методике. Кроме того, необходимы рекомендации по определению влияния данного фактора на параметры микроклимата помещения.

### Литература

1. Бершидский Г. А., Сасин В. И., Сотченко В. А. Методика определения номинального теплового потока отопительных приборов при теплоносителе воде. – М. : НИИСантехники, 1984. 26 с.
2. Староверов И. Г. Внутренние санитарно-технические устройства в 3 ч. Ч. I. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканами и др.; Под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., переруб. и доп. – М. : Стройиздат, 1990. 344 с.
3. ГОСТ 31311-2022. Приборы отопительные. Общие технические условия. ФГБУ «РСТ», 2022. 16 с.
4. Vašta, J. Otopné plochy. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2001. – 328 s.
5. Рекомендации по применению стальных панельных радиаторов «PRADO» (редакция 6.0). ОАО «НИТИ «Прогресс». Ижевск, 2020. 61 с. <https://www.sanline.ru/wp-content/uploads/2020/06/Rekomendacii-po-primeneniju-stalnyh-panelnyh-radiatorov-Prado.pdf> (доступ: 19.03.2023).
6. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М. : Минстрой России, 2020. 150 с.

УДК 697

Летягина Анастасия Александровна,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: Rosstyа.let@gmail.com

Letyagina Anastasia Alexsandrovna,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: Rosstyа.let@gmail.com

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УГОЛЬНОГО ГАЗА КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

### **PROSPECTS FOR THE USE OF COAL GAS AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE IN THE RUSSIAN FEDERATION**

В данной статье проводится обзор использования угольного газа как альтернативного топлива. Проводится анализ состава газа и сравнивается с более традиционными источниками энергии. Рассматриваются методы добычи, перспективы и варианты использования угольного газа на территории Российской Федерации в сравнении с зарубежным опытом.

*Ключевые слова:* угольный газ, альтернативный источник энергии, газовое топливо, энергосбережение, рациональное использование ресурсов, замена топлива.

This article provides an overview of the use of coal gas as an alternative fuel. The composition of the gas is analyzed and compared with more traditional energy sources. The methods of extraction, prospects and options for the use of coal gas on the territory of the Russian Federation are considered in comparison with foreign experience.

*Keywords:* coal gas, alternative energy source, gas fuel, energy saving, rational use of resources, fuel replacement.

На сегодняшний день достаточно остро стоит вопрос по сбережению традиционных источников энергии ввиду ограниченности топливных ресурсов. Поэтому тема замены и поиска альтернативных источников так актуальна. На данный момент самыми широко распространенными и используемыми энергетическими ресурсами являются природный газ, уголь и нефть. Хотя природный газ



и остается одним из наиболее экологичных видов топлива, другие традиционные источники так же широко добываются и применяются ввиду доступности и экономической целесообразности. Хотя многие сферы добычи совершенствуются, разработка угольных месторождений остается опасной.

Во время разработки угольных пластов происходит выделение метана или угольного газа. При этом чем ниже ведутся работы по добыче угля, тем больший процент метана скапливается в воздухе. Благодаря чему возникает риск возникновения аварийных ситуаций. Изначально применялись методы по дегазации шахт, однако данные методы были недостаточно эффективны и процент аварийных ситуаций не изменялся. К тому же при данном способе происходил выброс метана в окружающую среду, который никак не использовался. Поэтому необходимо рассмотреть варианты возможных способов использования угольного газа.

При разработке угольных пластов характеристики выделяемого газа могут значительно различаться, однако большую часть состава занимает метан. Нижние пласты угольных залежей более газоносны, а чем выше качество угля, тем больше процент метана в составе газа. Для которого объем  $\text{CH}_4$  к другим составляющим колеблется в пределах 80–90 % в сравнении с природным газом 85–95 %. Соответственно можно говорить о замене природного газа угольным.

Для проверки взаимозаменяемости газового топлива одного состава другим используется характеристика горючих свойств топлива – число Воббе, представляющее собой отношение теплоты сгорания к квадратному корню плотности газа на плотность воздуха:

$$W_0 = Q_n^p \cdot \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_G}} \quad (1)$$

где  $Q_n^p$  – низшая теплота сгорания газа рабочего состава, кДж/м<sup>3</sup>;  $\rho_G$  – плотность газа;  $\rho_B$  – плотность воздуха.

Для центральной части угольных месторождений Кузбасса угольный газ в основном содержит метан в размере 94 %, углекислый

газ – 4 %, остальная часть состава приходится на азот, кислород – 2 %, плотность данного энергоресурса равна 0,779 кг/м<sup>3</sup>, относительная 0,604 кг/м<sup>3</sup>, низшая теплота 34 700 кДж/м<sup>3</sup> [1]. Число Воббе в данном случае составит 44 806, если сравнить с показателем для Лугинецкого (на основе данных таблицы) месторождения 484 400, различия составят 8 % (необходимо соблюсти условие ± 5 %), что говорит о невозможности полной взаимозаменяемости топлив [2].

### Состав природных газов некоторых месторождений

Место- рождение	Содержание, %								Теплота сгора- ния, кДж/м <sup>3</sup>	Число Воббе
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	N <sub>2</sub>		
Лугинец- кое (Томская область)	85,1	3,6	3	2,3	1,1	1	–	3,9	40150	484 400
Тюменская область («сухой» газ)	98,6	0,1	–	–	–	0,2	–	1,1	35400	47200
Астрахан- ское (газо- конденсат- ное место- рождение)	47÷54	2÷5,5	0,9÷1,7	0,4÷0,9	0,3÷1,6	18÷21	20÷26	~2	~22400	~24000
Ставро- польское	98,8	0,3	0,2	0,1	–	0,2	–	0,4	35900	47800

Однако при проведении соответствующих мероприятий, например, подмес метана к угольному газу, для получения состава идентичного природному газу для взаимозаменяемости. Но даже с исходной газовой смесью можно и необходимо работать в виду большого энергетического потенциала и из соображений безо-

пасности. В местах добычи антрацитовых пород идет выделение угольного метана, что в ограниченных условиях рабочего пространства и недостатка воздуха образует с угольной пылью взрывоопасную смесь.

На данный момент распространенная мера пресечения возможности детонации состава – дегазация разрабатываемого участка при шахтном способе добычи сырья. Организуется вентиляция, реже сбор удаляемого объема газа и используется как топливо на технологические нужды производства [3]. Чтобы избежать выбросов газа в окружающую среду используются скважинный и пневмо-гидравлический способы. Благодаря которым угольный метан можно добывать как независимое полезное ископаемое:

- на разведанных и пока не разрабатываемых площадях, смежных с действующими шахтами;
- на нижних горизонтах бассейнов, не доступных в настоящее время угледобыче;
- на новых разведанных газоносных угольных месторождениях, не подлежащих освоению угольной промышленностью в ближайшей перспективе;
- на разведываемых и поисково-оценочных площадях [3].

Однако перед добычей необходимо провести соответствующие мероприятия по разведке и анализу состава в перспективе добываемого газа. Если это невозможно необходимо спрогнозировать характеристики конечного продукта на основании углеразведочных работ с учетом геолого-технических факторов. Газоёмкость угольных пластов, глубина оценки, масштабы ресурсов газа, концентрация метана, угленосность продуктивных интервалов, зольность углей, класс угля. Так же необходимо учитывать экологические, экономические факторы и технические возможности добычи сырья [4].

Экономическая целесообразность и необходимость развития крупномасштабной промысловой отрасли по добыче метана из угольных пластов подтверждается мировым опытом. В результате добычи на сланцевом месторождении Фулин в Китае объем добытого метана составил 53 млрд м<sup>3</sup> после открытия в 2012 году. При этом

газодобыча со 142 млн м<sup>3</sup>/год в 2013 г. выросла до 8,5 млрд м<sup>3</sup>/год в 2021 г., что составило 3,9 % от общей добычи газа в Китае на 2021 г. [5]. В настоящее время отрасль так же активно развивается и спонсируются в США, Австралии, Канаде и т. п.

Энергетические запасы угля в России составляют 400 млрд т при этом прогнозированный объем запасов шахтного газа составляет 83,7 трлн куб. м., что является перспективой к развитию добычи угольного газа [3].

На 01.08.2001 г. в Российской Федерации 73 % общего числа шахт (140 технических единиц) отнесены к опасным по метану, из них 48 % шахт являются наиболее метанообильными (шахты III категории, сверхкатегорные и выбросоопасные), 22 шахты работают с дегазацией угольных пластов и выработанных пространств и 4 шахты – с газоотсосом вентиляторными установками. При использовании методов дегазации и устройством вентиляторных систем добывается 585 м<sup>3</sup>/мин. метана, что составляет 27 % выделяющегося метана на угольных месторождениях РФ [6]. В промышленных целях используется лишь небольшая часть получаемого при дегазации метана [7].

Для освоения зарубежного опыта, создания и испытания технологий промысловой добычи метана из угольных пластов в России начаты работы по проекту «Углеметан» (в составе государственной научно-технической программы «Недра России»). В соответствии с этой программой в Кузбассе на Талдинской площади, где проведен комплекс геолого-промысловых исследований, подтвердивших высокую перспективность месторождения, проводятся работы по добыче угольного газа. Что является началом развития нового углегазового промысла [8].

Таким образом на территории России уже предпринимаются меры по добыче и использованию угольного газа. В первую очередь перспектива использования данного ресурса рассматривается на территориях в близлежащим к угольным бассейнам промышленных комплексов. Применение угольного газа в качестве альтернативного топлива решает вопросы экологии, экономический, логистики и проблем безопасности при разработке месторождений.

В перспективе можно рассматривать применение данного ресурса в первую очередь в тепло- и электроэнергетических отраслях, а также металлургической, машиностроительной и иных областях.

### Литература

1. *Кудинов Е. В.* Промысловая добыча метана угольных пластов в Кузбассе как метод снижения угроз экосистеме // Актуальные проблемы нефти и газа, вып. 4(23) 2018 г., стр. 1–5.
2. *Яковлев В. А.* Диссертация. Повышение качества сжигания нетрадиционных газов в системах теплогазоснабжения // Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2016 г., с. 11–13.
3. О перспективах добычи в России угольного газа. URL: <https://www.gazprom.ru/about/production/extraction/metan/> (дата обращения 14.03.2023).
4. Копытов А. И., Войтов М. Д. Современные методы добычи метана из угольных пластов // Вестник Кузбасского государственного технического университета 2016 г., №2, с. 35–39.
5. Накопленная добыча газа на крупнейшем в Китае месторождении сланцевого газа Фулин достиг 53 млрд м3. URL: <https://neftegaz.ru/news/dobycha/763097-nakoplennaya-dobycha-gaza-na-krupneyshem-v-kitae-mestorozhdenii-slantsevogo-gaza-fulin-dostig-53-mlr/> (дата обращения 14.03.2023).
6. *Забурдяев В. С.* Эколого-экономические последствия выбросов шахтного метана в атмосферу земли. МГГУ. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 8. С. 211–214.
7. *Каплунов Ю. В., Климов С. Л., Красавин А. П.* Экология угольной промышленности России на рубеже XXI века; Под общей ред. С. Л. Климова. – М. : Изд-во Академии горных наук, 2001. – 295 с.
8. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России. В 2-х томах. Том 1 (состояние, динамика, развитие). – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 1999. – 648 с.

УДК 66.074.02

*Насырова Илюза Ильшатовна,*  
студент

*Зинуров Вадим Эдуардович,*  
аспирант

(Казанский государственный  
энергетический университет)

*E-mail: iyuza2001@mail.ru,*  
*vadd\_93@mail.ru*

*Nasyrova Ilyuza Ilshatovna,*  
student

*Zinurov Vadim Eduardovich,*  
postgraduate student

(Kazan State Power  
Engineering University)

*E-mail: iyuza2001@mail.ru,*  
*vadd\_93@mail.ru*

## **ПРИМЕНЕНИЕ СЕПАРАТОРА С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ШАХТАХ**

### **APPLICATION OF THE SEPARATOR WITH COAXIAL PIPES IN VENTILATION SHAFT**

Вентиляционные шахты являются основными элементами в создании благоприятного климата, предназначенными для удаления загрязненного воздуха из помещений. Однако вентиляционные шахты тоже требуют частое очищение от пыли и других загрязняющих веществ. Для улучшения работы вентиляционных систем предлагается установка сепаратора с соосно расположенными трубами. Однако для эффективной работы сепаратора с соосно расположенными трубами необходимо выявление влияния ряда конструктивных, технологических и теплофизических параметров на эффективность и гидравлическое сопротивление устройства. В связи с этим целью данной работы является исследование влияния высоты прямоугольных щелей на эффективность сепаратора с соосно расположенными трубами. Основными элементами сепаратора являются две трубы, образующие конструкцию типа «труба в трубе» и пластина с отверстиями.

*Ключевые слова:* сепаратор, соосно расположенные трубы, мелкодисперсные частицы, эффективность, вентиляционные шахты.

Ventilation shafts are the main elements in creating a favorable climate, designed to remove polluted air from the premises. However, ventilation shafts also require frequent cleaning from dust and other pollutants. To improve the operation of ventilation systems, it is proposed to install a separator with coaxially arranged pipes. However, for the effective operation of the separator with coaxially arranged pipes, it is necessary to identify the influence of a number of designs, technological and thermophysical parameters on the efficiency and hydraulic resistance of the

device. In this regard, the purpose of this work is to study the effect of the height of rectangular slots on the efficiency of a separator with coaxially arranged pipes. The main elements of the separator are two pipes forming a “pipe in a pipe” type structure and a plate with holes.

*Keywords:* separator, coaxially arranged pipes, fine particles, efficiency, ventilation shafts.

Вентиляционные шахты являются основными элементами в создании благоприятного климата, предназначенными для удаления загрязненного воздуха из помещений. Воздух в помещениях является значительным фактором, влияющим на самочувствие и, как следствие, на трудоспособность людей, находящихся в этих помещениях [1]. Но вентиляционные шахты тоже требуют частое очищение от пыли и других загрязняющих веществ.

Для улучшения работы вентиляционных систем предлагается установка сепаратора с соосно расположенными трубами [2]. Однако для эффективной работы сепаратора с соосно расположенными трубами необходимо выявление влияния ряда конструктивных, технологических и теплофизических параметров на эффективность и гидравлическое сопротивление устройства. В связи с этим целью данной работы является исследование влияния высоты прямоугольных щелей на эффективность сепаратора с соосно расположенными трубами.

Исследование проводилось с помощью численного моделирования в программном комплексе Ansys Fluent. Для проведения исследований была построена твердотельная модель сепаратора (рис. 1). На основе которой создавалась проточная область. Впоследствии она была разбита на множество полиэдрических элементов. При численном моделировании применялась  $k - \omega$  SST модель турбулентности.

Базовые геометрические размеры сепаратора с соосно расположенными трубами: диаметр входного отверстия – 57 мм, ее толщина – 3,5 мм, диаметр внешней трубы – 90 мм, ее толщина – 4 мм, высота внешней трубы – 140 мм и диаметр круглых выходных отверстий – 11 мм. Ширина прямоугольных щелей определялась

по углу их раскрытия. На основе ранее проведенных исследований было получено, что при угле раскрытия прямоугольных щелей  $\alpha = 20^\circ$  достигается максимальная эффективность сепаратора. Вследствие этого угол  $\alpha$  принимался равным данному значению (рис. 1). Стоит отметить, что конструктивные параметры сепаратора с соосно расположенными трубами связаны разработанной методикой расчета, представленной в работе [3].

В ходе исследований изменялась высота прямоугольных щелей от 15 до 60 мм. При увеличении высоты прямоугольных щелей длина внутренней трубы увеличилась на аналогичное значение. Диаметр частиц изменялся от 1 до 15 мкм. Скорость газа  $W$  на входе в сепаратор варьировалась от 3 до 10 м/с. Плотность частиц равна  $1000 \text{ кг/м}^3$ . При численном моделировании на границах выходных круглых отверстиях задавалось атмосферное давление, равное  $10^5 \text{ Па}$ . На стенках задавалось условие прилипания частиц. Влияние твердых мелкодисперсных частиц на несущую фазу в численных расчетах не учитывалось.

Эффективность сепаратора с соосно расположенными трубами вычислялась по следующей формуле:

$$E = 1 - \frac{n_k}{n},$$

где  $n_k$  – количество мелкодисперсных частиц, которые остались в газовом потоке после сепаратора с соосно расположенными трубами;  $n$  – общее количество мелкодисперсных частиц, поступивших в устройство.

В ходе исследований установлено, что на эффективность сепаратора с соосно расположенными трубами влияет высота прямоугольных щелей и скорость газа на входе. При увеличении высоты прямоугольных щелей эффективность сепарации мелкодисперсных частиц из газа уменьшается. Это обусловлено тем, что высота сепарационной зоны (высота вихрей) также увеличивается, соответственно, центробежные силы создаются меньших значений при условии, что входная скорость остается постоянной, а высота щели увеличивается.



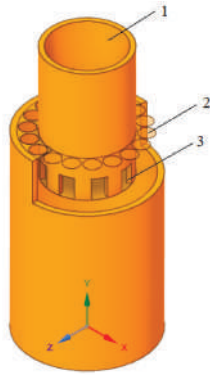


Рис. 1. Трехмерная модель сепаратора с соосно расположенными трубами:  
 1 – входное отверстие; 2 – выходные отверстия для очищенного газового потока; 3 – прямоугольные щели

Эффективность сепаратора с соосно расположенными трубами составляет в среднем 60, 43, 21 и 16 % при высоте прямоугольных щелей 15, 30, 45 и 60 мм соответственно. При этом скорость газа на входе в сепаратор составляем 3 м/с, размер частиц изменялся от 1 до 15 мкм. Необходимо отметить, что при высоте прямоугольных щелей более 45 мм частицы размером 4 мкм улавливаются с нулевой эффективностью (рис. 2).

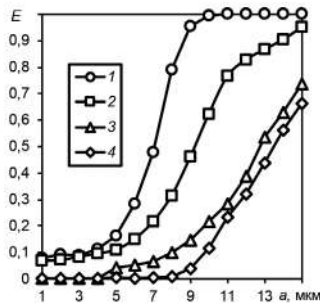


Рис. 2. Зависимость эффективности сепаратора с соосно расположенными трубами от диаметра частиц при различной высоте прямоугольных щелей  $h_{sl}$ :  
 1 – 15; 2 – 30; 3 – 45; 4 – 60. Входная скорость газового потока – 3 м/с

Таким образом, проведенные исследования показали, что при создании сепаратора необходимо стремиться к уменьшению размеров прямоугольных щелей, т. к. это увеличивает скорость потока с частицами из них, соответственно, создаются центробежные силы больших значений, что отражается на увеличении эффективности сепарации мелкодисперсных частиц из запыленной среды.

### **Литература**

1. *Крайнова М. В.* Виды вентиляции, их назначение и состав // Вестник магистратуры. – 2020. – №. 2–1(101). – С. 32–35.
2. *Зинуров В. Э.* Исследование фракционирования мелкодисперсных частиц в классификаторе с соосно расположенными трубами / Галимова А. Р. // Энергия молодежи для нефтегазовой индустрии. – 2020. – С. 392–395.
3. *Zinurov V. E., Madyshv I. N., Ivakhnenko A. R., Petrova I. V.* (2021). Development of a classifier with coaxially arranged pipes for the separation of bulk material based on silica gel. *Polzunovsky vestnik*, (2), 205–211. (In Russ.). Doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.29.

**УДК 536.244**

*Яковлев Дмитрий Сергеевич,*  
студент  
*Осипова Наталия Николаевна,*  
д-р техн. наук, доцент  
(Саратовский государственный  
технический университет  
имени Гагарина Ю. А.)  
*E-mail: dimon96@bk.ru,*  
*osipovann@sstu.ru*

*Yakovlev Dmitriy Sergeevich,*  
student  
*Osipova Nataliya Nikolaevna,*  
Dr. Sci. Ec., Associate Professor  
(Yuri Gagarin State  
Technical University  
of Saratov)  
*E-mail: dimon96@bk.ru,*  
*osipovann@sstu.ru*

**ВЛИЯНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ  
ОБЪЕКТА НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ЖИДКОЙ ФАЗЫ И ПАРПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ  
ПОДЗЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА СЖИЖЕННОГО  
УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА**

**INFLUENCE OF THE CONTINUOUS GAS CONSUMPTION  
OF THE FACILITY ON THE TEMPERATURE  
OF THE LIQUID PHASE AND STEAM PRODUCTION  
OF THE UNDERGROUND LIQUEFIED  
HYDROCARBON GAS RESERVOIR**

В статье представлены результаты исследований по влиянию непрерывного газопотребления объекта на изменение температуры газа в подземном резервуаре сжиженного углеводородного газа, получены численные значения результирующих температур жидкой фазы сжиженного газа, определяющих величину теплопритока к подземному резервуару. Определены паропроизводительность подземного резервуара, динамика изменения уровня заполнения жидкой фазой при непрерывном газопотреблении, период возможного непрерывного газоснабжения объекта и минимальный уровень газа в резервуаре, обеспечивающий расчетное газопотребление в зависимости от климатической зоны эксплуатации.

*Ключевые слова:* подземный резервуар, сжиженный углеводородный газ, непрерывное газопотребление, изменение температуры, приток тепла, паропроизводительность, уровень заполнения.

The article presents the results of studies on the effect of continuous gas consumption of an object on the change in gas temperature in an underground reservoir

of liquefied hydrocarbon gas, numerical values of the resulting temperatures of the liquid phase of liquefied gas, which determine the amount of heat influx to the underground reservoir, are obtained. The steam capacity of an underground reservoir, the dynamics of changes in the level of filling with a liquid phase during continuous gas consumption, the period of possible continuous gas supply to an object, and the minimum gas level in the reservoir, which provides the calculated gas consumption depending on the climatic zone of operation, are determined.

*Keywords:* underground tank, liquefied hydrocarbon gas, continuous gas consumption, temperature change, heat input, steam capacity, filling level.

В настоящее время в Российской Федерации интенсивно реализуется программа развития газоснабжения и газификации страны [1, 2]. В рамках пятилетнего периода с 2021 года по 2025 год планируется развивать системы газоснабжения в 67 регионах Российской Федерации и к 2026 году в 35 регионах РФ завершить технически возможную сетевую газификацию. При этом в программу логично встроены возможности использования альтернативных сетевому источников газа (сжиженного природного (СПГ) или углеводородного газа (СУГ)) или иных видов топлива. Для выбора альтернативного газоснабжения имеется ряд весомых предпосылок, которые заключаются в прогнозном анализе развития территорий, учете удаленности отводов сетевого газа от магистралей и плотности населения, проживающего на газоснабжаемой территории, наличии крупных промышленных и градообразующих предприятий, анализе климатических и ландшафтных особенностей местности [3, 4, 5].

Системы альтернативного газоснабжения на базе СУГ имеют ряд неоспоримых преимуществ, заключающихся в возможности обеспечения газовым топливом жилых и производственных объектов от единоличных хозяйств до крупных населенных пунктов для всех коммунально-бытовых и промышленных нужд. Имеющиеся системы газопроводов и газоиспользующее оборудование могут являться основой для последующего подключения к сетевому газу при наступлении очередного горизонта прогнозного развития систем газоснабжения поселения. Население и промышленные потребители получают аналогичный уровень технологического развития,

комфорта и социального благополучия, который обеспечивает сетевой природный газ [6, 7].

Однако, в процессе реальной эксплуатации систем газоснабжения наблюдается переменная паропроизводительность подземных резервуаров, особенно при непрерывном газоснабжении объекта (отопление зданий, промышленные нужды), что способствует в недостаточной генерации паровой фазы и неустойчивой работе системы газоснабжения.

Это обусловлено тем, что в расчеты по определению паропроизводительности в известных методиках закладываются условия эксплуатации подземных резервуаров как хранилищ газа, у которых происходит выравнивание температуры жидкой фазы с температурой грунтового массива, также задаются температурные параметры сжиженного газа, которые фиксируются при сливе сжиженного углеводородного газа из цистерн автовозов в подземные резервуары, или за расчетную температуру принимаются температуры окружающей среды [8, 9].

Указанные обстоятельства приводят к несоответствию между расчетной и действительной паропроизводительностью, что сказывается на обеспечении газом потребителя в виде отклонения от расчетных сроков эксплуатации до следующей заправки резервуаров и перебоем в газоснабжении. Для разработки рекомендаций по грамотной эксплуатации систем газоснабжения на базе подземных резервуаров необходимо провести дополнительные исследования по изучению процессов, происходящих при испарении жидкой фазы газа в резервуаре в режиме непрерывного газоснабжения, по определению фактической температуры жидкой фазы газа, участвующей в теплообмене с окружающим грунтовым массивом и паропроизводительности подземного резервуара, а также обоснованию периода эксплуатации резервуара с генерацией необходимо количества газа.

Предположим, что в зимний период времени года на коммунально-бытовые нужды постоянно из резервуара потребляется газ. В этом случае тепло, затраченное на испарение жидкой фазы, определится по выражению:

$$Q_{\text{пер}} = r\Delta G, \quad (1)$$

где  $r$  – скрытая теплота парообразования газа, кДж/кг;  $\Delta G$  – количество испарившегося газа, кг.

При этом теплота, затрачиваемая на испарение, понизит температуру жидкой фазы в резервуаре, °С:

$$\Delta t_1 = \frac{Q_{\text{пер}}}{c(G - \Delta G)} \quad (2)$$

где  $c$  – теплоемкость жидкой фазы газа, кДж/(кг·°С);  $G$  – общая масса газа в резервуаре, кг.

В это время к подземному резервуару подводится тепло из окружающего грунтового массива, количество которого определяется по формуле:

$$Q = kF_{\text{см}}(t_z - t_{\text{гр}}), \quad (3)$$

где  $F_{\text{см}}$  – площадь смоченной поверхности резервуара, м<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент теплопередачи от грунтового массива к жидкой фазе, кДж/(ч·м<sup>2</sup>·°С);  $t_z$  – температура жидкой фазы газа, °С;  $t_{\text{гр}}$  – температура грунта, °С.

Площадь смоченной поверхности резервуара жидкой фазой определяется:

$$\begin{aligned} F_{\text{см}} &= \varphi(2\pi R(l - 2h) + 4\pi Rh) = \\ &= \varphi(2\pi R(l - R) + 2\pi R^2) = 2\pi Rl\varphi, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\varphi$  – уровень заполнения резервуара жидкой фазой газа, доли;  $h$  – высота днища от места стыка с цилиндрической частью до центра окружности днища, м;  $R$  – радиус резервуара, м;  $l$  – длина цилиндрической части резервуара, м;

Подведенное тепло повысит температуру жидкой фазы в резервуаре:

$$\Delta t_2 = \frac{Q}{c(G - \Delta G)}. \quad (5)$$

При разбиении на малые промежутки времени процесса испарения газа общее изменение температуры жидкой фазы в любой момент времени определится:

$$\Delta t = -\Delta t_1 + \Delta t_2. \quad (6)$$

Количество испаренного газа в подземной емкости за счет притока тепла можно определить по формуле:

$$G = \frac{F_{cm} k (\Delta t - t_{sp}) \zeta}{r}, \quad (7)$$

где  $\zeta$  – коэффициент, определяющий наличие избыточного давления в подземном резервуаре, зависящий от температуры и молярной доли пропана или бутана в жидкой фазе газа, доли [10].

Для определения изменения температуры жидкой фазы и паропроизводительности подземного резервуара сжиженного углеводородного газа были проведены соответствующие расчеты. В расчетах использовались следующие исходные данные:

- геометрический объем резервуара 5,0 м<sup>3</sup>
- уровень заполнения резервуара газом 85 %, 50 %, 25 %, 12,5 %;
- климатические зоны эксплуатации: умеренно-холодная, умеренно-теплая с температурой грунтового массива по [10];
- охват газоснабжением – 10 жилых зданий с отопляемой площадью 100 м<sup>2</sup> и использованием газа на все коммунально-бытовые нужды, с потреблением газа в холодной зоне 1,2 кг/ч, в умеренно-холодной 1,0 кг/ч.

Результаты расчетов представлены на графиках (рис. 1 и 2).

Как видно из графика (рис. 1) уровень заполнения резервуара газом оказывает значительное влияние на величину понижения температуры газа в резервуаре и достигает максимальных значений при минимальном уровне заполнения сосуда газом 12,5 %, составляя 0,48 °С на каждый килограмм испаренного жидкого газа. Минимальное охлаждение наблюдается при начале эксплуатации резервуара при уровне заполнения 85 %, которое составляет 0,06 °С на каждый килограмм. Данное обстоятельство необходимо

учитывать при наличии непрерывного газопотребления, так как необходимость постоянной подачи потребителю приводит к резкому понижению температуры газа, особенно в емкостях малого размера и образованию ледяной шубы на емкости с наружной стороны по уровню жидкой фазы и последующему промерзанию грунта вокруг резервуара.

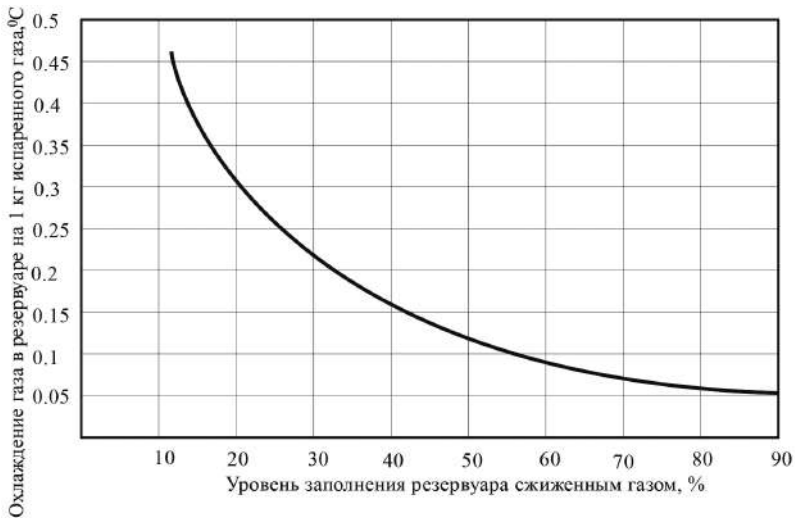


Рис. 1. Понижение температуры жидкой фазы газа в резервуаре при испарении 1 кг СУГ

Обработка полученных данных на ЭВМ позволила получить корреляционную зависимость понижения температуры в резервуаре объемом 5 м<sup>3</sup> в зависимости от его уровня заполнения, с величиной достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9986$ :

$$t_1 = 75,284\varphi^{-1,075}. \quad (8)$$

Динамика притока тепла и повышения температуры жидкой фазы в зависимости от величины теплового потока, определяемого температурой сжиженного газа и климатическими условиями эксплуатации резервуара представлены на рис. 2.



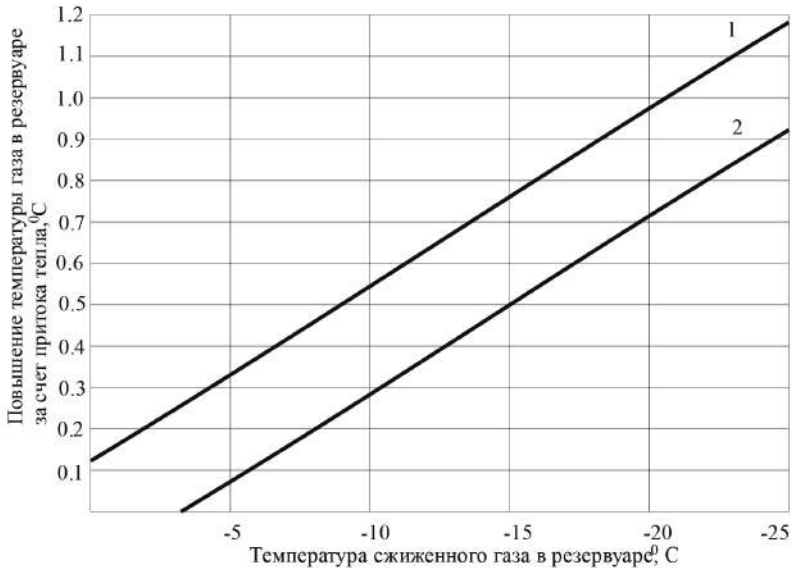


Рис. 2. Повышение температуры сжиженного газа за счет притока тепла из грунтового массива в расчете на 1 кг жидкой фазы в зависимости от климатической зоны эксплуатации подземного резервуара:  
1 – в умеренно-холодной зоне; 2 – в холодной зоне

Как видно из графиков (рис. 2) максимальный приток тепла, а, следовательно и повышение температуры сжиженной фазы газа наблюдается в первоначальный период времени эксплуатации резервуара (при заполнении емкости 85 %). Климатическая зона эксплуатации резервуара оказывает значительное влияние в величину повышения температуры. Уменьшение перепада температур между температурой грунтового массива и газом, обеспечивает снижение притока тепла и соответственно уменьшение роста температуры жидкой фазы газа в резервуаре.

Результирующая температура жидкой фазы в подземном резервуаре при постоянном газопотреблении применительно к исследуемой системе газоснабжения в холодный период года с учетом климатических зон эксплуатации, представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Динамика изменения температуры жидкой фазы газа  
эксплуатируемого резервуара СУГ**

Время эксплуатации (начальная температура СУГ минус 25 °С), сут.	Изменение температуры сжиженного газа в резервуаре, °С					
	климатическая зона эксплуатации резервуара					
	умеренно-холодная			холодная		
	понижение	повышение	результатирующая температура	понижение	повышение	результатирующая температура
1	-15,23	+28,32	-11,91	-15,23	+21,84	-18,39
2	-18,77	+15,12	-15,56	-18,77	+15,12	-22,04
3	-22,15	+18,72	-18,99	-22,15	+18,72	-25,47
4	-24,24	+22,32	-20,91	-26,95	+22,32	-30,1
5	-26,95	+24,24	-23,62	-34,25	+29,04	-35,31
6	-34,25	+26,88	-30,92	-46,67	+32,16	-49,82
7	-46,67	+35,52	-42,07			

Как видно из табл. 2 непрерывное газопотребление приводит к снижению температуры газа в резервуаре по мере его опорожнения. В умеренно-холодной зоне через 7 суток эксплуатации температура газа в резервуаре составит минус 42,07 °С, что соответствует уровню заполнения резервуара газом 30 %.

При данной температуре естественная регазификация газа в подземной емкости прекращается, т.к. легко кипящий пропан имеет температуру регазификации минус 42,1 °С. Аналогичная картина снижения температуры ниже температуры регазификации (минус 49,82 °С) наблюдается в холодной зоне при уровне заполнения подземного резервуара 40 % через 5 суток эксплуатации.

Таким образом, непрерывное газопотребление обеспечивает понижение результирующей температуры газа в подземном резервуаре СУГ и прекращение подачи газа потребителю в течение 5–7 дней в зависимости от климатической зоны эксплуатации. Учитывая, что при постоянном газопотреблении у потребителя устанавливается не менее двух резервуаров – один основной, другой резервный, после указанного срока необходимо переключиться на резервный резервуар для обеспечения бесперебойного газоснабжения [11].

С учетом проведенных выше исследований по определению результирующей температуры жидкой фазы газа в резервуаре по выражению (7) была определена паропроизводительность и продолжительность работы подземного резервуара объемом 5 м<sup>3</sup> в динамике изменения уровня заполнения с учетом климатических зон эксплуатации. Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

#### Определение паропроизводительности подземного резервуара СУГ

Уровень заполнения резервуара сжиженным газом	Паропроизводительность резервуара, кг/ч	
	климатическая зона эксплуатации	
	умеренно-холодная	холодная
85	70,96	56,69
70	72,74	58,13
60	73,74	59,64
50	74,52	59,57
40	76,42	56,98
30	77,84	–

Как показывает анализ табл. 2, результирующее изменение температуры сжиженного газа (см. рис. 2) обуславливает естественную регазификацию сжиженного углеводородного газа и обеспечивает

подачу газа потребителю в умеренно-холодной зоне эксплуатации до уровня заполнения резервуара 30 %, в холодной зоне до уровня заполнения резервуара 40 %. Последующая эксплуатация в режиме естественной регазификации не обеспечивает достаточное количество паровой фазы для газоснабжения потребителей.

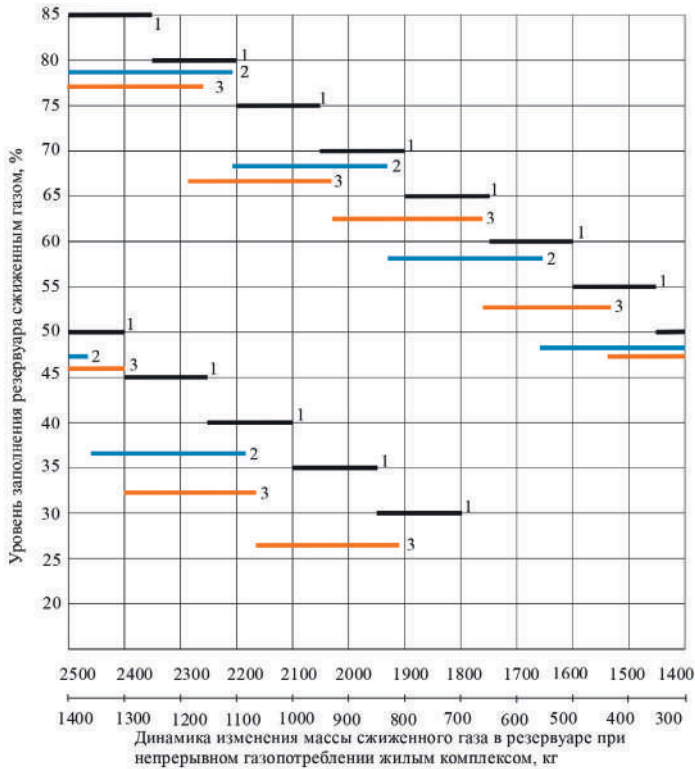


Рис. 3. Определение периода непрерывной работы подземного резервуара объемом 5 м<sup>3</sup> с учетом климатической зоны эксплуатации системы газоснабжения и динамики опорожнения резервуара СУГ: 1 – масса газа, испаряющегося в резервуаре, обеспечивающая снижение уровня жидкой фазы до следующей отметки; 2 – потребление газа в сутки в холодной климатической зоне эксплуатации; 3 – потребление газа в сутки в умеренно-холодной климатической зоне эксплуатации

Анализ графиков (рис. 3) показывает, что непрерывное газопотребление приводит к быстрому опорожнению используемого резервуара и достижению минимального уровня заполнения, при котором не обеспечивается генерация расчетного количества газа. Непрерывное газопотребление с учетом ограниченного объема подземного резервуара обеспечивает период газоснабжения на все коммунально-бытовые нужды, включая отопление, не более 5–7 дней в зависимости от климатической зоны эксплуатации.

В результате проведенных научных исследований получены результаты.

1. Впервые исследован режим работы резервуара в условиях непрерывного потребления газа объектами газоснабжения. Установлено, что непрерывный отбор газа приводит к понижению температуры жидкой фазы от 0,06 °С до 0,48 °С на каждый килограмм испаренного продукта в зависимости от уровня заполнения резервуара. Получено уравнение аппроксимации для определения понижения температуры газа в резервуаре в зависимости от уровня заполнения жидкой фазой газа.

2. Определено повышение температуры жидкой фазы в резервуаре за счет притока тепла из грунтового массива. Установлено, что результирующая температура жидкой фазы в резервуаре при непрерывном газопотреблении объекта продолжает понижаться и достигает минимальных значений, формирующих вакуум и прекращение испарения газа в холодной зоне при уровне заполнения резервуара – 40 %, а в умеренно-холодной зоне при уровне – 30 %.

3. Выявлена суммарная продолжительность периода использования резервуара объемом 5 м<sup>3</sup> для газификации группы зданий, составляющая при потреблении газа в сутки 288 кг – 5 суток (холодная климатическая зона), при потреблении 240 кг в умеренно-холодной зоне – 7 суток. Последующая эксплуатация резервуара не представляется возможной и требует переключения на резервный резервуар.

#### **Литература**

1. План мероприятий («дорожная карта») по внедрению социально ориентированной и экономически эффективной системы газификации и газоснабжения

субъектов Российской Федерации. – Утв. 2021-04-30. №1152-р – М. : Расп. Правительства РФ, 2021. 46 с.

2. Зуев А. Курс на полную газификацию // ТЭК России. 2021. № 2. С. 14–17.

3. Осипова Н. Н., Бычкова И. М., Ряписова Ю. С. Перспективы расширения использования сжиженного углеводородного газа в российской федерации // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2016. № 7. С. 207–210.

4. Медведева О. Н., Перевалов С. Д. Техничко-экономическое обоснование вариантов газоснабжения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 3 (759) С. 56–67.

5. Медведева О. Н. Системы автономного газоснабжения: монография. Саратов, 2020. 296 с.

6. Курицын Б. Н., Кузнецов С. С. Техничко-экономические рекомендации по применению автономного газоснабжения на базе резервуарных установок сжиженного газа // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2013. № 3. С. 219–222.

7. Кузнецов С. С. Определение технико-экономических параметров источников децентрализованных газоснабжения // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения. 2020. № 1. С. 165–168.

8. Курицын Б. Н., Осипова Н. Н., Максимов С. А., Седаев А. А. Моделирование теплообмена при хранении сжиженного газа в подземных резервуарных установках под воздействием естественных температур грунта и наружного воздуха // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2012. № 2(26). С. 35–45.

9. Клименко А. П. Сжиженные углеводородные газы. М. : Гостехиздат, 1962. 429 с.

10. Осипова Н. Н., Бычкова И. М. Исследование параметров теплообмена паровой фазы смеси пропан-бутана с грунтом в подземном газгольдере при естественной регазификации СУГ в автономных системах газоснабжения // Научный журнал строительства и архитектуры. 2017. № 4(48). С. 38–46.

11. Свод правил «Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. с изменением 1»: СП 62.13330.2011\*. Введ. 2011-05-20. М. : Минрегион России, 2010. 30 с.

УДК 51-37:697.34

*Рафальская Татьяна Анатольевна*,  
канд. техн. наук, доцент  
*Дрепина Ксения Александровна*,  
магистрант  
(Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный  
университет (Сибстрин))  
*E-mail: t.rafalskaya@sibstrin.ru,*  
*k.drepina@sibstrin.ru*

*Rafalskaya Tatyana Anatolyevna*,  
PhD in Sci. Ec., Associate Professor  
*Drepina Kseniya Alexandrovna*,  
Master's degree student  
(Novosibirsk State University  
of Architecture and Civil  
Engineering (Sibstrin))  
*E-mail: t.rafalskaya@sibstrin.ru,*  
*k.drepina@sibstrin.ru*

## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ОСТЫВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

### **ANALYTICAL SOLUTION OF THE HEAT CONDUCTIVITY EQUATION FOR DETERMINING THE COOLING TIME OF THE PREMISES WHEN THE HEAT SUPPLY IS OFF**

Для решения теплотехнических задач, в которых искомой является температура внутренней поверхности стенки, численные методы не подходят. Аналитическое уравнение теплопроводности было получено для плоской однородной стенки для квазистационарного режима. Задачей работы является создание программы для аналитического решения уравнения теплопроводности и определения времени остывания помещений до температуры точки росы при отключении теплоснабжения. Однако в реальных системах теплоснабжения при связанной подаче теплоты наблюдаются неперiodические колебания тепловых потоков, при работе теплосети по температурным графикам со срезками, в аварийном режиме, при экстремальном понижении наружной температуры. Это требует развития способов расчета теплоустойчивости зданий применительно к холодному периоду года.

*Ключевые слова:* уравнение теплопроводности, теория теплоустойчивости, наружные ограждения, теплоснабжение.

Numerical methods are not suitable for solving heat engineering problems, in which the required temperature is the inner surface of the wall. An analytical heat conduction equation was obtained for a flat homogeneous wall for a quasi-stationary

ary regime. The aim of the work is to create a program for the analytical solution of the heat equation and determine the cooling time of the premises to the dew point temperature when the heat supply is off. However, in real heat supply systems in which hot water supply affects the operation of the heating system, non-periodic fluctuations in heat flows are observed when the heating network operates according to temperature graphs with cuts, in emergency mode, with an extreme decrease in outdoor temperature. This requires the development of methods for calculating the thermal stability of buildings in relation to the cold season.

*Keywords:* heat conduction equation, heat stability theory, external enclosures, heat supply.

### **Введение**

Теплоустойчивость наружных ограждений важна не только для летнего, но также и для зимнего времени года, поскольку определяет время ремонта при нарушениях теплоснабжения и комфортность пребывания в помещениях [1].

В то же время, известные методы расчета теплопроводности основаны на периодическом изменении теплового потока, что несправедливо для зимнего периода, когда тепловой поток будет зависеть не только от наружной температуры, но и от работы системы теплоснабжения. Для определения времени остывания внутренней поверхности наружного ограждения до точки росы или другой характерной температуры при отключении теплоснабжения численные методы расчета неприменимы, поскольку требуют задания граничных условий – искомой температуры поверхности стены [2]. Решение данной задачи возможно при использовании аналитического уравнения теплопроводности методом разделения переменных и разложения в ряд Фурье [2–4]. В этом случае средний слой условной стенки, толщиной  $2\delta$  принимается за внутреннюю поверхность наружного ограждения с толщиной  $\delta$ . Однако, разложение в ряд Фурье по синусам также не устраняет указанные недостатки.

Задачей работы является создание алгоритма программы для аналитического решения уравнения теплопроводности для возможности дальнейшего сравнения с экспериментальными данными о распределении температуры в реальной конструкции



и совершенствования методов расчета теплоустойчивости ограждений.

### 1. Аналитическое решение уравнения теплопроводности

Аналитическое решение задачи для плоской стенки [3]:

$$t(x, \tau) = t_c + (t_0 - t_c) \sum_{i=1}^{\infty} A_i \cos\left(\mu_i \frac{x}{\delta}\right) e^{-\mu_i^2 Fo},$$

где  $t_0$ ,  $t_c$  – начальная температура внутренней поверхности стены и постоянная температура охлаждающей среды с наружной стороны ограждения;  $A_i$  – начальные тепловые амплитуды;

$$A_i = \frac{2 \sin \mu_i}{\mu_i + \sin \mu_i \cdot \cos \mu_i};$$

где  $\mu_i$  – корни характеристического уравнения,  $\text{ctg} \mu = \mu/B$ ;  $Bi$  – критерий Био, характеризующий связь между полем температур в твердом теле и условиями теплоотдачи на его поверхности,

$Bi = \frac{\alpha \delta}{\lambda}$ ;  $Fo$  – критерий Фурье, характеризующий связь между скоростью изменения температурного поля, физическими константами и размерами тела,  $Fo = \frac{a\tau}{\delta^2}$ , где  $a$  – температуропроводность,  $\text{m}^2/\text{c}$ ,  $t$  – время, с).

Для оценки времени остывания конструкции использовалась эквивалентная модель однослойной стены, термическое сопротивление  $R_0$  и толщина  $\delta$  которой соответствуют термическому сопротивлению и толщине кирпичной стены с утеплителем (рис. 1).

Приведенные теплотехнические характеристики ограждения:  $c=850$  Дж/(кг×К);  $\lambda = 0,415$  Вт/(м×К);  $\rho = 7660$  кг/м<sup>3</sup>. Начальная температура внутренней поверхности стены  $t_0 = 20$  °С. Задача решалась в пакете MathCad; результаты расчета показаны на рис. 4 для температуры охлаждающей среды (наружного воздуха)  $t_c = -37$  °С. Количество элементов ряда  $i$  принималось равным 100. Для нахождения корней характеристического уравнения использована встроенная функция *root*.

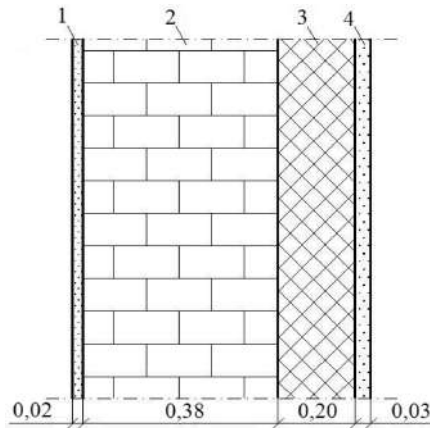


Рис. 1. Конструкция наружной стены:

- 1 – гипсовый обшивочный лист,  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ,  
 $\lambda = 0,15 \text{ Вт(м} \cdot \text{К)}$ ; 2 – кладка из глиняного кирпича,  $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ ,  
 $\lambda = 0,47 \text{ Вт(м} \cdot \text{К)}$ ; 3 – плиты минераловатные жесткие,  $\rho = 300 \text{ кг/м}^3$ ,  
 $\lambda = 0,058 \text{ Вт(м} \cdot \text{К)}$ ; 4 – цементно-песчаный раствор,  $\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$ ,  
 $\lambda = 1,4 \text{ Вт(м} \cdot \text{К)}$

Уравнение для вычисления  $\mu$ :

$$f(\mu_i) = \text{ctg} \mu_i - \frac{\mu_i}{\text{Bi}}$$

начальное значение аргумента:  $\mu_0 = \frac{\text{Bi} \cdot \pi}{2(1 + \text{Bi})}$ ; для  $i \in [0, 100]$  зада-

вались значения аргументов  $\mu_1 = \pi(i - 1)$  и  $\mu_2 = \pi(0,5 - i)$  [5].

Установлено [3], что независимо от начального распределения температуры в толще стенки  $t_0(x, 0)$  по истечении определенного времени  $t^*$  после начала процесса охлаждения, которое определяется критерием Фурье  $\text{Fo} \geq 0,16$ , температура в толще ограждения становится линейной функцией времени. Время, соответствующее началу квазистационарного режима теплопереда-

$$\text{чи } \tau^* = 0,16 \frac{\delta^2}{a} = 7,14 \text{ ч.}$$

Программа для определения характеристических корней уравнения  $\mu_i$  и начальных амплитуд  $A_i$  в ПК MathCad показана на рис. 2.

$$\tau^* = 0,16 \frac{\delta^2}{a} = 7,14 \text{ ч.}$$

$$\mu := \left| \begin{array}{l} x \leftarrow \frac{b_i \cdot \pi}{2 \cdot (1 + b_i)} \\ \text{for } i \in 1..100 \\ \quad \left| \begin{array}{l} x1 \leftarrow 0.0001 + \pi \cdot (i - 1) \\ x2 \leftarrow \pi \cdot \left( \frac{1}{2} + i \right) \\ y_{1,i} \leftarrow \text{root}(f(x), x, x1, x2) \\ y_{2,i} \leftarrow 2 \cdot \frac{\sin(y_{1,i})}{y_{1,i} + \sin(y_{1,i}) \cdot \cos(y_{1,i})} \end{array} \right. \\ \quad \left| y \end{array} \right.$$

Рис. 2. Программа расчета характеристических корней уравнения  $\mu_i$  и начальных амплитуд  $A_i$  в ПК MathCad

На рис. 3 показана программа расчета распределения температуры внутри стены в ПК MathCad.

```

Tet :=
  for j ∈ 1..m
    k ← dτ·(j - 1)
    Fo ← a· $\frac{k}{\left(\frac{b}{2}\right)^2}$ 
    for l ∈ 1..n
      v ← 0
      r ← dx·(l - 1)
      for i ∈ 1..100
        y ←  $\mu_{2,i} \cdot \left[ \cos\left(\mu_{1,i} \cdot \frac{2}{b} \cdot r\right) \cdot e^{-\left(\mu_{1,i}\right)^2 \cdot Fo} \right]$ 
        v ← v + y
      Pj,l ← v·(t0 - tc) + tc
  P
  
```

Рис. 3. Программа расчета распределения температуры внутри стены в ПК MathCad

## 2. Определения времени остывания помещений при отключении теплоснабжения

На рис. 4 показаны результаты расчета изменения температуры внутренней  $t_{is}$  и наружной  $t_{es} = -37^\circ\text{C}$  поверхности стены и температуры в промежуточных слоях при отключении теплоснабжения. Для любой наружной температуры время остывания внутренней поверхности конструкции до точки росы  $t_w$  показано на рис. 5.

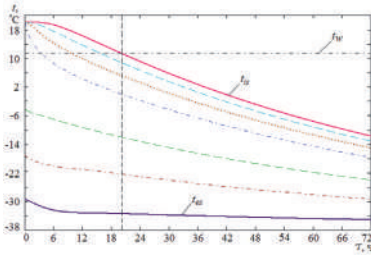


Рис. 4. Изменение температурного поля в стене с течением времени при отключении теплоснабжения

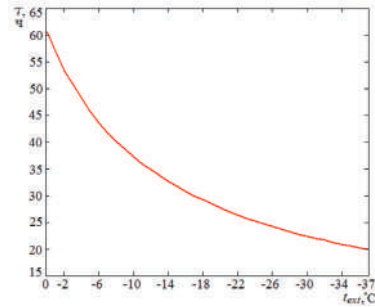


Рис. 5. Время понижения температуры внутренней поверхности стены до температуры точки росы при отключении теплоснабжения в зависимости от температуры наружного воздуха

### Заключение

Аналитическое решение уравнения теплопроводности применимо к изолированным однородным ограждающим конструкциям без учета теплового баланса помещения в целом. Теория теплоустойчивости рассматривает периодически повторяющиеся (квазистационарные) тепловые воздействия гармонического характера [3]. Однако в реальных системах теплоснабжения при связанной подаче теплоты наблюдаются непериодические колебания тепловых потоков, когда существует дефицит тепловой энергии на отопление, т. е. подвод тепловой энергии не равен теплопотерям. Ситуация еще более осложняется при работе теплосети по температурным графикам со срезками, в аварийном режиме, при экстремальном понижении наружной температуры [1].

Это требует развития способов расчета теплоустойчивости зданий применительно к холодному периоду года и является предметом дальнейших исследований.

### Литература

1. Рафальская Т. А., Мансуров Р. Ш., Рагинская А. О., Расенко Д. А. Теплоустойчивость наружных ограждений и тепловой режим помещений в периоды срезок температурного графика // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость, 2017. Т. 7. № 4. С. 192–203.
2. Карпович Д. С., Суша О. Н., Коровкина Н. П., Кобринец В. П. Аналитический и численный методы решения уравнения теплопроводности // Труды БГТУ, 2015. № 6. Физико-математические науки и информатика. С. 122–127.
3. Кононович Ю. В. Тепловой режим зданий массовой застройки. Москва : Стройиздат, 1986. 157 с.
4. Кудинов В. А., Кудинов И. В. Методы расчета уравнений теплопроводности. Самара, 2012. 280 с.
5. Поринев С. В., Беленкова И. В. Численные методы на базе MathCad. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 464 с.

УДК 697.97-5

*Рогачев Егор Алексеевич,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: rogachev788@gmail.com*

*Rogachov Egor Alekseevich,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: rogachev788@gmail.com*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИПОЛЬНЫХ КОНВЕКТОРОВ С ЕСТЕСТВЕННОЙ КОНВЕКЦИЕЙ У НАРУЖНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ**

### **THE USE OF INDOOR CONVECTORS WITH NATURAL CONVECTION AT THE EXTERIOR GLAZING**

Выполнено исследование влияния высоты сплошных наружных светопрозрачных конструкций на распределение параметров микроклимата в помещении с применением внутрипольного конвектора с естественной конвекцией в качестве основного отопительного прибора. Построена модель помещения в программе STAR-CCM+ и проведено численное моделирование для высоты остекления от 2,0 до 4,0 м с шагом 0,5 м. Установлена нецелесообразность применения внутрипольных конвекторов с естественной конвекцией для обеспечения микроклимата в помещениях с большой высотой остекления (более 2 м).

*Ключевые слова:* отопление, внутрипольный конвектор, остекление, микроклимат.

The influence of the height of solid external translucent structures on the distribution of microclimate parameters in the room with the use of an indoor convector with natural convection as the main heating device was studied. An indoor convector is installed along the entire glazing. A model of the room was built in the STAR-CCM+ program and numerical modeling was carried out for the height of glazing from 2.0 to 4.0 m in increments of 0.5 m. The inexpediency of using indoor convectors with natural convection to provide a microclimate in rooms with a large glazing height (more than 2 m) has been established.

*Keywords:* heating, indoor convector, glazing, microclimate.

#### **1. Введение**

При проектировании систем отопления, решаются задачи обеспечения требуемых параметров микроклимата, определяемых

условиями комфортного пребывания человека и (или) требованиям технологических процессов. Одно из условий решения этих задач – изучение и системный анализ процессов теплообмена в отапливаемых помещениях, рассматриваемых как комплекс, состоящий из множества взаимодействующих между собой активных и пассивных элементов.

Применяемые методики теплотехнологических расчетов и проектирования систем отопления основаны, главным образом, на использовании осредненных значений расчетных величин, рассматриваемых для установившихся режимов. Локальные и мгновенные значения параметров микроклимата остаются за рамками анализа. Указанные особенности традиционных методик проектирования являются одной из причин повышенного энергопотребления существующих и возводимых зданий, а также несоответствия формируемых параметров микроклимата условиями комфорта или технологическими требованиями.

Таким образом, обеспечение требуемых параметров микроклимата в помещениях является актуальной и значимой для практики задачей. Наиболее эффективно, глубоко и оперативно изучить проблемы формирования микроклимата и поддержания требуемого температурного режима можно на основе численных экспериментов, основанных на решении дифференциальных уравнений, описывающих процессы переноса. Применение численного моделирования позволяет учесть основные особенности конкретной задачи и найти оптимальное проектное решение, обеспечивающее требуемые микроклиматические условия при минимально возможных затратах энергии.

Выполнено исследование влияния высоты сплошных наружных светопрозрачных конструкций на распределение параметров микроклимата в помещении в условиях применения внутрительного конвектора с естественной конвекцией как основного отопительного прибора.

В разработанной трехмерной физико-математической модели учтена сопряженность различных видов теплообмена в ограждениях и в пространстве отапливаемого помещения. Дифференциальные



уравнения переноса, входящие в разработанную модель, приведены в [1].

## 2. Объект исследования

В качестве объекта исследования принята модель помещения, находящегося в центре здания. В смежных помещениях температура воздуха принята плюс 20 °С. Одним из ограждений является панорамное остекление, граничащее с наружным воздухом. Расчеты выполнены для Санкт-Петербурга (расчетная температура наружного воздуха – минус 24 °С). Согласно [2] нормируемый коэффициент теплопередачи  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С), для наружного окна жилых зданий при температуре внутреннего воздуха 20 °С равен 1,54 (термическое сопротивление –  $R = 0,65$  (м<sup>2</sup> · °С)/Вт).

Численное моделирование проведено для высоты остекления от 2,0 до 4,0 м с шагом 0,5 м. В качестве отопительного прибора используется внутрительный конвектор, установленный вдоль всего остекления (рис. 1).

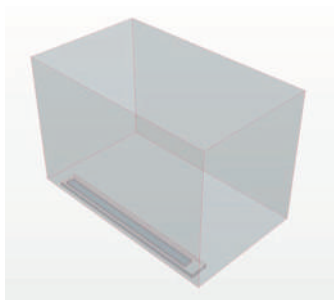


Рис. 1. Модель помещения при высоте остекления 3,0 м

Отступ от окна составляет 150 мм для эффективной циркуляции воздуха. Отступы слева и справа от стен – 300 мм. Принята минимальная высота конвектора 90 мм, так как толщина железобетонного перекрытия в среднем составляет 130 мм в многоэтажном здании. Чтобы обеспечить расчетную температуру внутреннего воздуха при максимальной высоте остекления, принята максимальная ширина внутрительного конвектора – 390 мм.

Греющим элементом является теплообменник внутривольного конвектора. В таблице приведены данные по тепловому потоку для компенсации теплопотерь и нагрева инфильтрующегося воздуха при разной высоте остекления.

**Тепловой поток системы отопления**

Показатели	Значения показателей при высоте остекления				
	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м
Тепловой поток на компенсацию теплопотерь, Вт	540	682	815	953	1095
Тепловой поток на нагрев инфильтрующегося воздуха, Вт	570	713	855	998	1140
Суммарный тепловой поток, Вт	1110	1395	1670	1951	2235

**3. Результат расчета**

После построения геометрии в программе STAR-CCM+ были заданы границы (конвектор, окно, пол, потолок, стены) и присвоены их свойства.

Построена расчетная сетка, показанная на рис. 2, с размером 0,1 м по всему объему помещения. Для получения более точных данных расчета сделано мельчение сетки у поверхности окна и внутривольного конвектора.



Рис. 2. Расчетная сетка помещения при высоте остекления 3,0 м

В результате расчета получены изображения изоповерхностей воздуха температурой 22 °С, представленные на рис. 3–7.

Анализ изоповерхностей воздуха температурой 22 °С при различной высоте остекления показывает, что формирующаяся над внутриспольным конвектором плоская струя воздуха, трансформируется в компактную струю и не препятствует поступлению охлажденного у поверхности остекления воздуха к полу помещения по бокам отопительного прибора. Целесообразно выполнять «рассечку» остекления по высоте. Максимальная высота остекления не должна превышать 2 м.

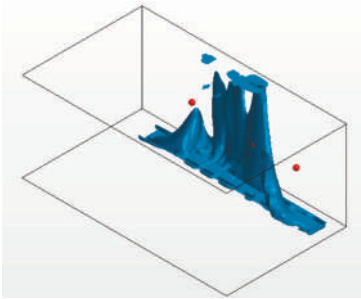


Рис. 3. Изоповерхность 22 °С при высоте остекления 2,0 м

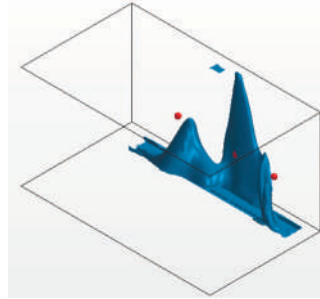


Рис. 4. Изоповерхность 22 °С при высоте остекления 2,5 м

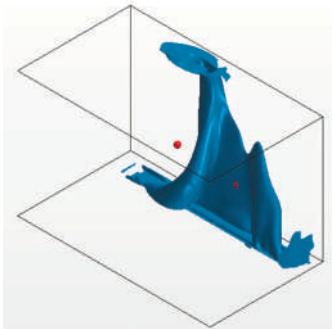


Рис. 5. Изоповерхность 22 °С при высоте остекления 3,0 м

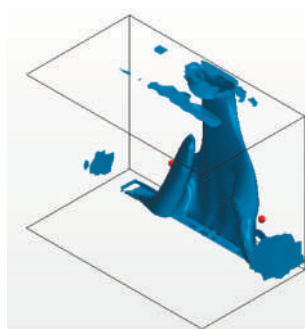


Рис. 6. Изоповерхность 22 °С при высоте остекления 3,5 м

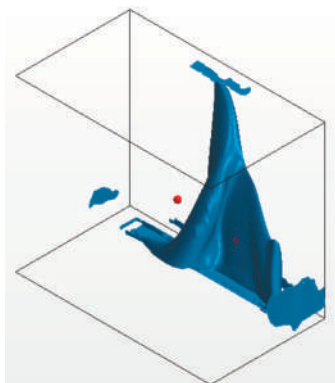


Рис. 7. Изоповерхность 22 °С  
при высоте остекления 4,0 м

#### 4. Заключение

Результат расчета свидетельствует о нецелесообразности использования внутрипольных конвекторов с естественной конвекцией для обеспечения микроклимата в помещениях с большой высотой остекления (более 2 м). К такому же выводу пришли исследователи в работах [3, 4]. При наличии многосветных пространств со сплошным остеклением следует принимать меры для исключения чрезмерного охлаждения остекления и выпадения конденсата.

#### Литература

1. *Захаревич А. Э.* Особенности формирования микроклимата в многосветных пространствах // Вестник МГСУ. 2011. № 7. С. 148–154.
2. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» с Изменениями № 1, № 2 / Минрегион России. – М.: Минрегион России, 2012. – 139 с.
3. *Myhren J.A., Holmberg S.* Flow patterns and thermal comfort in a room with panel, floor and wall heating // Energy and Buildings. 2008, vol. 40, issue 4, pp. 524–536.
4. *Яковлев П. В., Ходжамуратова Н. Б.* Особенности формирования микроклимата в помещениях большой высоты // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Сб. тр. 11 Междунар. науч.-техн. конф. МГСУ. 2007. – С. 111–113.

УДК 697.922

Спиридонова Анна Михайловна,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: anna.c00@mail.ru

Spiridonova Anna Michailovna,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: anna.c00@mail.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ ТЕРМОКОНСТАНТНОГО ПОМЕЩЕНИЯ

### SIMULATION OF VENTILATION OF THE CLIMATE-CONTROL ROOM

Разработана модель помещения и систем вентиляции термоконстантного помещения, предназначенного для поверки средств измерений расхода и уровня. Предложена вытесняющая вентиляция для обеспечения требуемых параметров воздуха. Получено распределение температуры в помещении при принятом способе подачи воздуха. Показано выполнение требований, предъявляемых к эксплуатации стенда.

*Ключевые слова:* термоконстантное помещение, вентиляция, моделирование.

The model of the room and ventilation systems of the climate-control room designed for verification of a flow and level measuring has been developed. The displacement ventilation system aimed to provide the required air parameters has been proposed. The temperature distribution in the room with the adopted method of air supply is obtained. The compliance with the requirements for the operation of the stand is shown.

*Keywords:* climate-control room, ventilation system, modelling.

В современных технологических процессах предъявляются повышенные требования к показателям микроклимата. Например, для получения качественной продукции или высокоточных измерений необходимо поддерживать постоянную температуру внутреннего воздуха. Помещения, к которым предъявляются такие требования, называются термоконстантными. Деление термоконстантных помещений на группы в зависимости от точности поддержания температуры воздуха в рабочей или обслуживаемой зоне приведено в таблице [1].

**Оптимальные параметры воздуха  
в помещениях для прецизионных работ**

Тип помещения	Параметры воздуха	
	Температура, °С	Относительная влажность, %
Термоконстантное для работ по группам: – 1-й; – 2-й; – 3-й; – 4-й	18...22 19,5...20,5 19,8...20,2 19,95...20,05	40±4 40±4 40±4 40±4
Особо чистое	21,5...22,5	43...45

Для повышения точности измерений, необходимо стабилизировать температурный режим на измерительных участках [2-5]. В таком случае, главную роль играют не абсолютные значения температуры, а точность их поддержания в заданном диапазоне.

Выполнено исследование распределения параметров воздуха в лаборатории поверки средств измерений расхода и уровня в поселке Усть-Луга Ленинградской области. Объем помещения 577 м<sup>3</sup>. В лаборатории устанавливается стенд для поверки и калибровки средств измерений уровня ЭлМетро СПУ-А-30. Необходимо поддерживать температуру воздуха в помещении  $20 \pm 5$  °С. Требования к параметрам воздуха на площадке размещения установки для поверки уровнемеров: изменение температуры должно быть не более 1 °С в течение часа, а максимальная разность температур в различных точках установки не более 2 °С.

Для обеспечения требуемых условий на рабочих местах стенда предусмотрена вытесняющая вентиляция. Для притока используются два низкоскоростных воздухораспределителя Арктос 1ВНП 500 с расходом 1700 м<sup>3</sup>/ч (0,472 м<sup>3</sup>/с) на каждый и четыре низкоскоростных воздухораспределителя Арктос 1ВНК 630

с расходом  $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $0,833 \text{ м}^3/\text{с}$ ) на каждый (рис. 1). Для удаления воздуха установлены 24 вытяжные решетки АМН  $450 \times 300$ , размещенные под фермами помещения (рис. 1).

Для анализа выполнения поставленных условий применена программа SolidWorks.

Температура притока в рабочую зону равна  $21 \text{ }^\circ\text{C}$ . Учтены теплопоступления от людей на рабочих местах и от оборудования. Принят 3-кратный воздухообмен по притоку и вытяжке. Вредные вещества не выделяются.

Для определения температурных характеристик у поверхности стенда настраиваются все необходимые параметры для расчета и строится расчетная сетка; у места расположения рассматриваемого объекта сетка дробится для точности измерений (рис. 2).

Приточный воздух с малой скоростью подается непосредственно в рабочую зону параллельно полу (рис. 3), формируя вблизи пола относительно холодный чистый поток воздуха, а удаляется из верхней зоны (рис. 4).

Приточные струи с низким уровнем турбулентности подсаживают небольшое количество окружающего воздуха и не способствуют перемешиванию верхней и нижней зон. Распределение температур по помещению при таком способе организации воздуха соответствует требованиям к микроклимату.

Для проверки условия поддержания максимальной разности в различных точках не более  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  заданы три точки у поверхности стенда. Распределение температуры по поверхности равномерное (рис. 5): температура первой точки –  $21,39 \text{ }^\circ\text{C}$ ; второй –  $21,52 \text{ }^\circ\text{C}$ ; третьей –  $21,57 \text{ }^\circ\text{C}$ . Среднее температурное значение составило  $21,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

а) расположение приточных воздухораспределителей

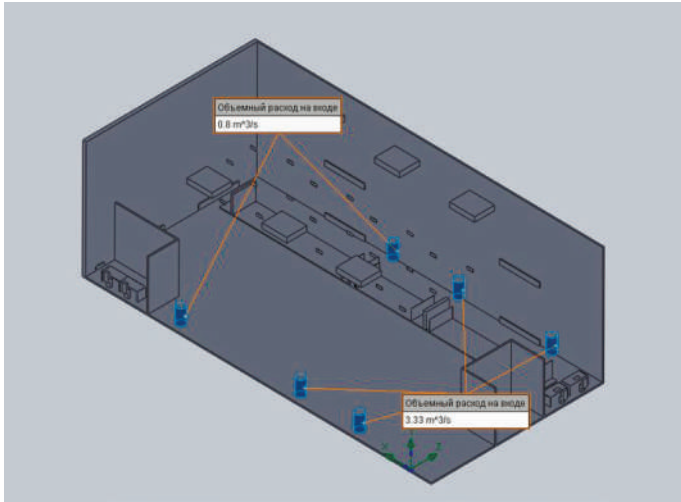


Рис. 1. Модель помещения лаборатории

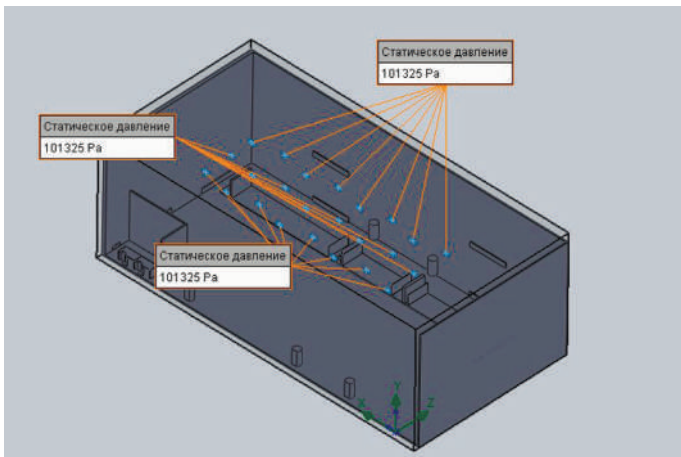


Рис. 2. Расчетная сетка у стенда для поверки и калибровки средств измерений



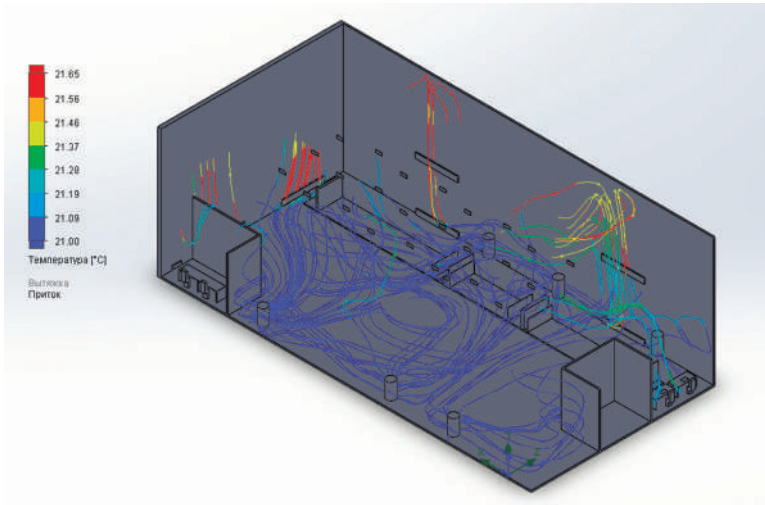


Рис. 3. Траектория движения приточного воздуха в помещении с отражением изменения температур

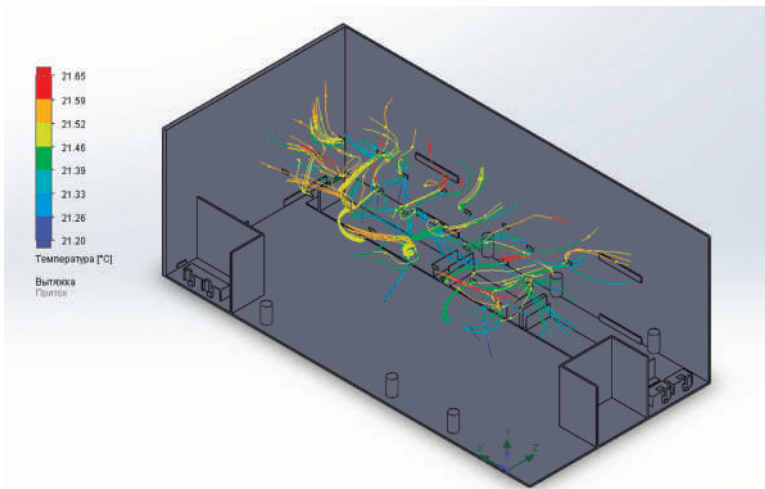


Рис. 4. Траектория движения вытяжного воздуха в помещении с отражением изменения температур

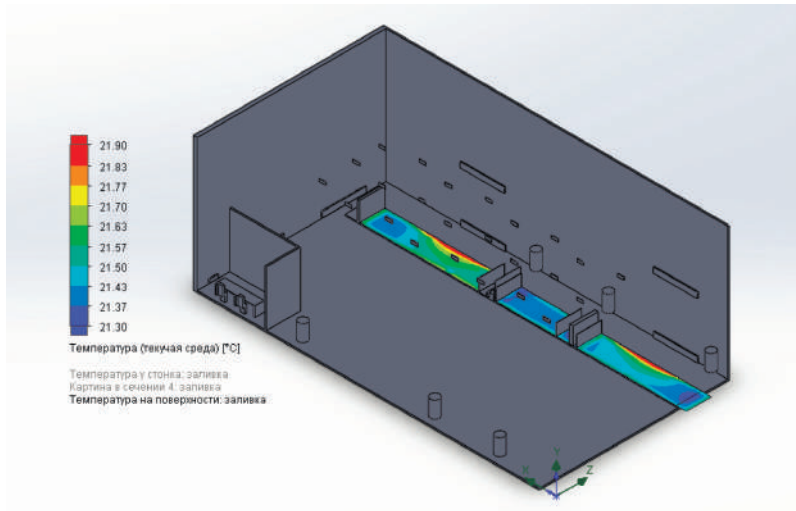


Рис. 5. Распределение температуры по поверхности стенда для поверки и калибровки средств измерений

Результаты исследования показывают, что требования к стенду по отклонению температуры при технологическом процессе выполнения измерений обеспечиваются.

### Заключение

Построена модель помещения и системы вентиляции для термостатического помещения, предназначенного для высокоточных измерений. Модель учитывает влияние на температуру в помещении тепловыделений от людей, оборудования и системы отопления.

Для обеспечения требуемых условий предусмотрена вытесняющая вентиляция. Проведенный анализ полученного распределения температур воздуха в помещении показал возможность обеспечения требуемых параметров воздуха. Максимальная разность температур в различных точках установки равна  $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (при допустимой  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### Литература

1. *Заярный В. П., Волков И. В., Шилин А. Н.* Автоматизированная стабилизация температуры на измерительных участках сборочных цехов // *Assembling in mechanical engineering, instrument-making*. 2010. № 6. С. 3–6.
2. *Гримитлин М. И., Тимофеева О. Н., Эльтерман В. М., Эльтерман Е. М., Эльянов Л. С.* Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов. М., Машиностроение, 1978. 272 с.
3. *Заярный В. П., Волков И. В.* Моделирование тепловых потоков в термоконстантном помещении // *Известия ВолгГТУ*. 2010. № 6. – С. 13–16.
4. *Костин В. И., Кармишкина А. В.* Особенности расчета холодопроизводительности систем климатизации термоконстантных помещений // *Известия вузов. Строительство*. 2014. № 6. С. 74–78.
5. *Костин В. И., Ракова Е. А.* Конструктивные схемы систем климатизации термоконстантных помещений. // *Известия вузов. Строительство*. 2018. № 4. С. 59–67.

УДК 697

Семенов Андрей Александрович,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: [semenov.andrey.1997@gmail.com](mailto:semenov.andrey.1997@gmail.com)

Semenov Andrey Aleksandrovich,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: [semenov.andrey.1997@gmail.com](mailto:semenov.andrey.1997@gmail.com)

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЙ И ВЫТЕСНЯЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ПРИМЕРЕ СПОРТИВНОГО ЗАЛА С ТРИБУНАМИ ДЛЯ ЗРИТЕЛЕЙ В РЕЖИМЕ ТРЕНИРОВКИ**

### **FEATURES OF THE USE OF MIXING AND DISPLACING VENTILATION ON THE EXAMPLE OF A SPORTS HALL WITH STANDS FOR SPECTATORS IN TRAINING MODE**

В статье рассматриваются особенности подачи воздуха в помещение двумя способами, а именно с использованием перемешивающей и вытесняющей вентиляции. Проведенные расчеты по определению параметров воздухообмена заносятся в программный комплекс STAR CCM+ и в дальнейшем исследуемые величины рассчитываются и анализируются с помощью математического моделирования, согласно которым подводится итог проделанной работы. В качестве объекта для проведения исследований был выбран спортивный зал площадью 1690 м<sup>2</sup> на 1000 зрительских мест, расположенный в физкультурно-оздоровительном комплексе в городе Пскове.

*Ключевые слова:* вентиляция, перемешивающая вентиляция, вытесняющая вентиляция, воздухораспределение, воздухообмен, математическое моделирование, STAR CCM+.

The article discusses the peculiarities of air supply of the room in two ways, using mixing and displacing ventilation. The calculations performed to determine the air exchange parameters are entered into the STAR CCM + software package and subsequently the studied values are calculated and analyzed using mathematical modeling, according to which the result of the work performed is summed up. As an object for research, a sports hall with an area of 1690 m<sup>2</sup> was chosen for 1000 seats, located in a fitness center in the city of Pskov.

*Keywords:* ventilation, mixing ventilation, displacement ventilation, air distribution, air exchange, mathematical modeling, STAR CCM +.

Выбор схемы воздухораспределения является важной составляющей при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Правильное и качественное планирование в проектировании дает возможность создать благоприятные условия в помещении для людей, находящихся в нем. Для спортивных залов эти условия занимают первостепенную важность. Так как при неправильно запроектированной системе вентиляции или кондиционирования воздуха, занятия в спортивном зале будут проходить в дискомфорт, а также возможна вероятность нанесения вреда здоровью спортсменам. Если принята завышенная температура приточного воздуха, люди начнут ощущать перегрев тела, если заниженная, то люди начнут мерзнуть; при высокой скорости воздуха в помещении будут чувствоваться сквозняки, которые могут привести к простудным заболеваниям, а при низкой скорости воздуха будет присутствовать ощущение спертости воздуха и духоты, как для спортсменов, так и для зрителей [1].

Для тренировочных и спортивных залов системы вентиляции и кондиционирования выполняют следующие функции:

1. Установку и соблюдение показаний внутренних параметров микроклимата, а именно температуры, относительной влажности и скорости перемещения воздуха внутри помещения в пределах допустимых или оптимальных значений.

2. Подачу чистого приточного воздуха в зону дыхания зрителей и занимающихся спортсменов.

Для спортивных залов характерна повышенная концентрация углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), которая проявляется в виде духоты и спертости воздуха. Человек начинает ощущать нехватку свежего воздуха уже при его уровне 0,08 %, т. е. 800 ppm. Если физическая нагрузка при упражнении столь высокая, что при дыхании в организм не поступает достаточно кислорода, нарушается баланс кислорода в мышечных клетках. Допустимая концентрация  $\text{CO}_2$  (ppm) указана в таблице 1 [1].

Таблица 1

**Влияние концентрации углекислого газа CO<sub>2</sub> на организм человека**

Концентрация CO <sub>2</sub> (ppm) в помещении	Влияние на организм человека (согласно санитарно-гигиеническим исследованиям)
250–350	Обычная концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе вне помещения
350–800	Нормальное содержание CO <sub>2</sub> в воздухе помещения
800–1000	Каждый второй ощущает духоту, вялость, снижение концентрации, головную боль
1000–1400	Вялость, проблемы с внимательностью и обработкой информации, тяжелое дыхание, проблемы с носоглоткой
1400–2000	Сильная усталость, безынициативность, неспособность сосредоточиться, сухость слизистых, проблемы со сном
2000–5000	Головная боль, сонливость, снижение внимательности, учащенное сердцебиение и слабая тошнота
>5000	Вероятность получить тяжелую гипоксию, необратимое повреждение мозга, глубокое бессознательное состояние или даже смерть

При организации воздухообмена с помощью перемешивающей вентиляции приточный свежий воздух перемешивается с загрязненным воздухом помещения, растворяя все выделяющиеся вредности, и далее с помощью вытяжных устройств часть полученной смеси удаляется из помещения, а оставшаяся часть в дальнейшем продолжает перемешиваться с приточным воздухом.

Перемешивающая вентиляция по сравнению с вытесняющей имеет такие преимущества, как:

1. Из-за небольших габаритов воздухораспределителей увеличивается эксплуатируемая полезная площадь помещения;
2. Благодаря меньшим площадям сечения воздуховодов, расход металла на них ниже, чем при вытесняющей вентиляции;

3. При установке воздухораспределителей на высоте, получается большой перепад температур приточного воздуха и воздуха в рабочей зоне помещения;

4. Градиент температур по высоте помещения ниже, чем при вытесняющей вентиляции;

5. Экономия на капитальных затратах при закупке вентиляционного оборудования.

Так как при перемешивающей вентиляции концентрации вредности равномерно распределяются по помещению, ее недостатком является более низкое качество внутреннего воздуха по концентрации углекислого газа, чем при вытесняющей вентиляции.

Использование вытесняющей вентиляции позволяет обеспечить высокое качество воздуха в рабочей зоне помещения.

В системе вытесняющей вентиляции приточный воздух подается в нижнюю зону помещения и постоянно вытесняет загрязненный воздух в верхнюю зону, вследствие чего в рабочей зоне образуется постоянный объем свежего воздуха. Температура приточного воздуха обычно немного ниже температуры в помещении, поэтому воздух, имеющий низкую скорость при выходе из воздухораспределителя, равномерно расстилается в нижней части помещения. Благодаря выделениям тепла от открытых частей тела человека, находящийся возле него воздух нагревается, вследствие чего возникает подъемная сила, которая способствует постоянному движению воздуха через зону нахождения человека в помещении. Таким образом, свежий воздух постоянно перемещается через зону дыхания человека [3].

Из-за того, что приточный воздух при вытесняющей вентиляции выгалькивает загрязненный воздух в верхнюю зону, откуда он удаляется, главным преимуществом вытесняющей вентиляции является существенное повышение качества воздуха, которое при равных условиях будет выше, чем при перемешивающей вентиляции.

К недостаткам вытесняющей вентиляции можно отнести:

1. Большие габариты воздухораспределителей из-за низкой скорости подаваемого воздуха. Вследствие чего размещение

воздухораспределителей требует большую площадь занимаемого пространства.

2. Перепад температур приточного воздуха и воздуха рабочей зоны ниже, чем при перемешивающей вентиляции.

В качестве объекта исследования был выбран спортивный зал площадью 1690 м<sup>2</sup>, расположенный в физкультурно-оздоровительном комплексе. Зал оснащен игровой площадкой и трибунами для зрителей на 1000 мест. Здание располагается в городе Пскове. Окна ориентированы на Юг. Расчет был проведен на теплый период года, в режиме тренировки без зрителей, со спортсменами в количестве 18 человек.

Для создания трехмерного геометрического объекта, был использован программный комплекс Solid-Works. В данной программе были созданы две модели спортивного зала: с применением систем перемешивающей и вытесняющей вентиляции. Модели спортивных залов, созданные в данной программе, представлены на рис. 1 и 2.

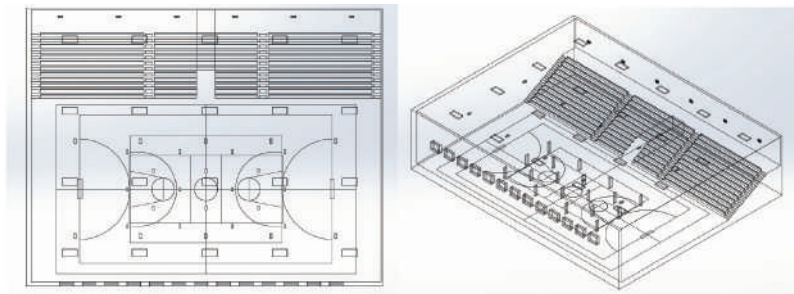


Рис. 1. Модель спортивного зала в режиме тренировки без зрителей с применением системы перемешивающей вентиляции, созданная в Solid-Works

В данной исследовательской работе были применены следующие схемы воздухообмена:

- при перемешивающей вентиляции (сверху-вверх): подача свежего воздуха и удаление перемешанного воздуха из верхней зоны зала, где воздухораспределители располагаются под потолком;



- при вытесняющей вентиляции: подача приточного воздуха из-под трибун на уровне ног зрителей (рис. 3), удаление отработанного воздуха из верхней зоны зала.

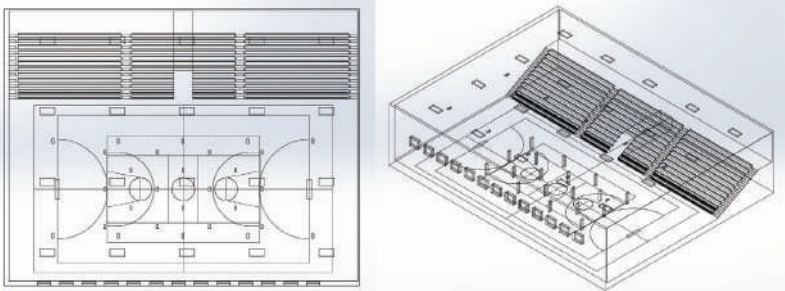


Рис. 2. Модель спортивного зала в режиме тренировки без зрителей с применением системы вытесняющей вентиляции, созданная в Solid-Works



Рис. 3. Поддача приточного воздуха из-под кресел при вытесняющей вентиляции

Свод правил для спортивного зала с местами для зрителей предлагает придерживаться следующим значениям требуемых параметров микроклимата в режиме тренировочных занятий, которые приведены в таблице 2 [4]:

Таблица 2

**Параметры внутреннего воздуха в спортивном зале  
в теплый период года согласно СП 332.1325800.2017**

Обслуживаемая зона	Температура, °С	Скорость, м/с	Относительная влажность, %
В спортивной зоне	17-23	не более 0,5	30-60

Минимальный расход воздуха следует принимать по расчету, но не менее 80 м<sup>3</sup>/ч наружного воздуха на одного занимающегося [4].

Миллер в своей статье «Рекомендации по проектированию систем ОВК спортивных сооружений» предлагает следующие значения температуры воздуха помещения, результирующей температуры помещения и относительной влажности [5]:

Таблица 3

**Параметры внутреннего воздуха в спортивном зале  
по рекомендациям Миллера**

Период года	Температура, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %	
	Оптималь.	Допустим.	Оптималь.	Допустим.	Оптималь.	Допустим.
Холодный	+17...+19	+15...+21	+16...+18	+14...+20	45-30	≤60
Теплый	+23...+25	+18...+28	+15...+17	+13...+19	60-30	≤60

Далее, основываясь на свод правил по проектированию спортивных сооружений [4] и рекомендаций по проектированию систем ОВК в спортивных сооружениях [5], были приняты следующие расчетные параметры внутреннего воздуха для спортивного зала в режиме тренировок, которые приведены в табл. 4.

Таблица 4

## Расчетные параметры внутреннего воздуха

Наименование помещения	Расчетные периоды года	Параметры воздуха		
		Температура, $t_v$ , °С	Относительная влажность $\phi_v$ , %	Скорость движения $v_v$ , м/с
Спортивный зал с местами для зрителей	Т	23	50-40	не более 0,3

Для проектирования системы кондиционирования расчетными параметрами наружного воздуха в теплый период года были приняты по параметрам Б города Псков [6] и приведены в табл. 5.

Таблица 5

## Расчетные параметры наружного воздуха

Периоды года	Параметры наружного воздуха				Географические координаты
	Температура $t$ , °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	
Т	26	51,9	48	1	57°49' с.ш. 28°21' в.д.

Основываясь на исходных данных, были выполнены расчеты поступления теплоты в помещение; определены требуемый расход приточного воздуха, содержание влаги и углекислого газа в воздухе. Результаты расчетов представлены в таблице 6. В дальнейшем они заносятся в программу STAR CCM+, как начальные и граничные условия.

## Тепловой баланс помещений

Тип подачи воздуха	Объем пом-я, м <sup>3</sup>	Теплопоступления, Вт				Расход воздуха м <sup>3</sup> /ч	Избытки влаги, выделяемые людьми, г/с	Влажосодержание на вытяжке, г/кг	Количество CO <sub>2</sub> выделяемого людьми, кг/с	Концентрация CO <sub>2</sub> на вытяжке, кг/кг
		От людей	Через остекление	Через покрытие	От искусств. Освещения					
Перемешивающая	19 260	3640	13 940	4780	10 140	11 330	0,65	5,37	0,00024	0,00067
Вытесняющая						12 950	0,65	7,85	0,00024	0,00066

После назначения начальных и граничных условий в программе был произведен расчет. Полученные результаты приведены на рисунках 4–9:

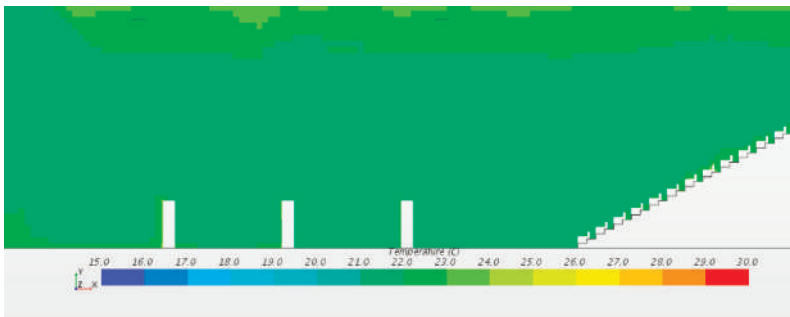


Рис. 4. Поле температур при перемешивающей вентиляции

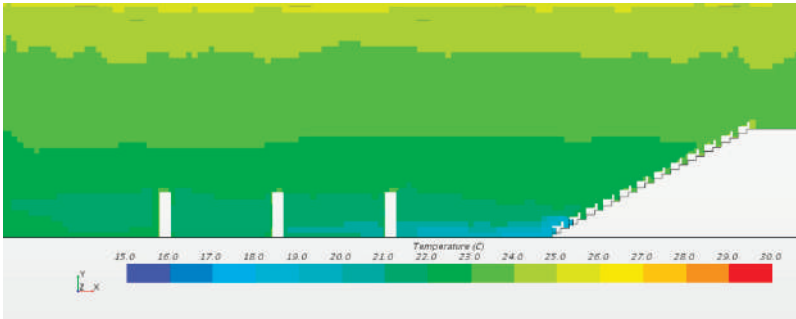


Рис. 5. Поле температур при вытесняющей вентиляции

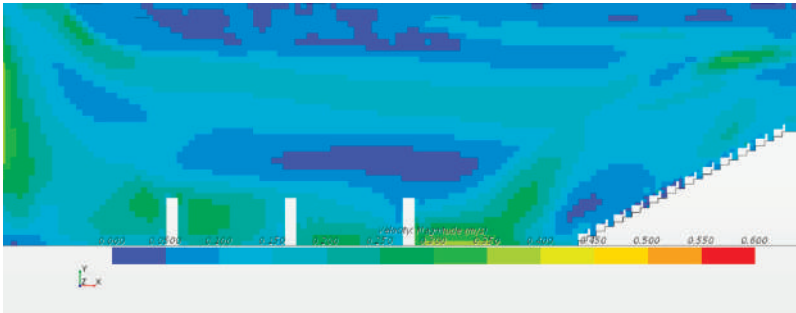


Рис. 6. Поле скоростей при перемешивающей вентиляции

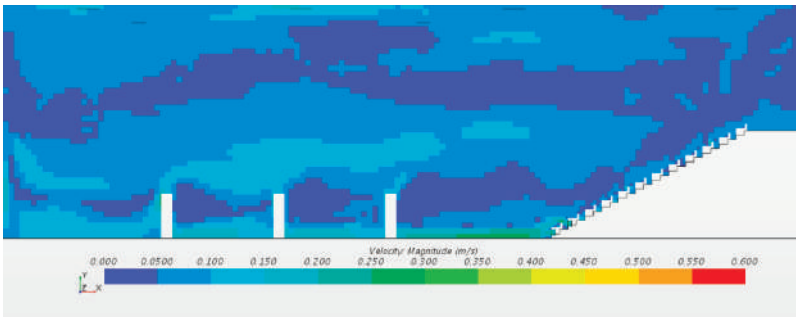


Рис. 7. Поле скоростей при вытесняющей вентиляции

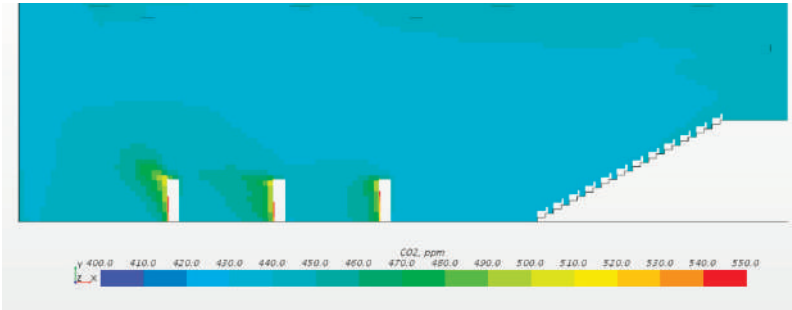


Рис. 8. Поле концентрации  $\text{CO}_2$  при перемешивающей вентиляции

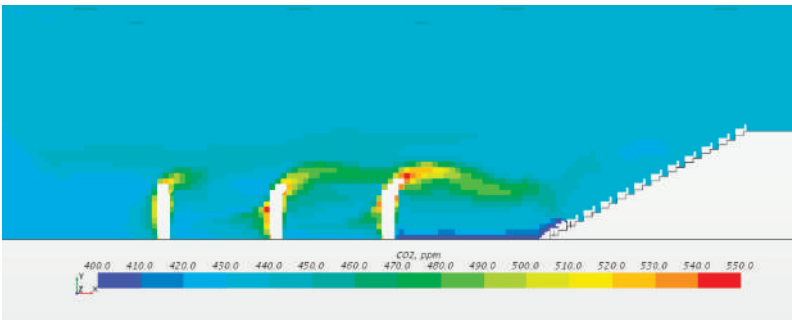


Рис. 9. Поле концентрации  $\text{CO}_2$  при вытесняющей вентиляции

Рассматривая рис. 4, можно увидеть, что при перемешивающей вентиляции основной поток воздуха заполнил почти все помещение. При вытесняющей вентиляции (рис. 5) воздух распределяется по залу равномерно, оставляя более холодный воздух в нижней части помещения и вытесняя нагретый воздух в верхнюю часть зала.

Поле скоростей при перемешивающей вентиляции на рис. 6 показывает, что воздух имеет наибольшую скорость в верхней зоне зала возле приточных решеток. По мере заполнения пространства воздухом, скорость снижается, и в итоге занимающиеся находятся в оптимальных условиях. Из-за низкой начальной скоро-

сти подачи приточного воздуха при вытесняющей вентиляции на рис. 7 можно увидеть, что во всем зале скорость движения воздуха не превышает оптимальных значений.

На рис. 8 и рис. 9 можем увидеть, что при перемешивающей и вытесняющей вентиляции концентрация  $\text{CO}_2$  равномерно распределяется по всему помещению зала.

Нормируемые и полученные исследуемые параметры представлены в табл. 7.

Таблица 7

Сводная таблица исследуемых параметров

Параметр воздуха	Обслуживаемая зона	Требуемые параметры	Перемешивающая вентиляция	Вытесняющая вентиляция
Температура, °С	Игровая площадка	17–23	21–22	20–22
Скорость, м/с	Игровая площадка	Не более 0,3	0,1–0,3	0–0,2
Концентрация $\text{CO}_2$ , ppm	Игровая площадка	Не более 800	440–450	420–450

### Вывод

Анализируя результаты проведенного исследования, можно сделать выводы, что при примерно одинаковых показателях температур и скоростей воздуха в рабочей зоне тренирующихся игроков, в их зоне дыхания концентрация углекислого газа при перемешивающей и при вытесняющей вентиляции практически ничем не отличаются.

Поэтому при выборе схемы воздухораспределения следует учитывать, что из-за низкой скорости воздуха при выходе из воздухораспределителей, затраты на них при вытесняющей вентиляции будут выше, чем при перемешивающей. Также из-за того, что при вытесняющей вентиляции градиент температур выше, чем при перемешивающей, требуется больший расход воздуха, а это

влечет за собой повышенные затраты на вентиляционное оборудование и воздуховоды.

Однако благодаря тому, что температура приточного воздуха при вытесняющей вентиляции ниже, чем при перемешивающей, эксплуатационные затраты на холод будут меньше [1].

### Литература

1. Семенов А. А. Особенности применения перемешивающей и вытесняющей вентиляции // Современные проблемы инженерной экологии и городского хозяйства: сборник статей обучающихся факультета инженерной экологии и городского хозяйства СПбГАСУ. Выпуск 4. – СПб., 2022. – С. 77–87.
2. Мерищев А. А., Янко Н. М., Кремнева А. А. Воздухообмен многофункционального универсального спортивного комплекса // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2019. – №2(9). – С. 43–49.
3. McDonnell G. Распределение воздуха под полом и вытесняющая вентиляция. Почему эти системы не одно и то же? // АВОК. – 2003. – № 7.
4. СП 332.1325800.2017 Спортивные сооружения. Правила проектирования (С Изменением № 1). – М. : Минстрой России, 2019. – 147 с.
5. Миллер Ю. В. Рекомендации по проектированию систем ОВК спортивных сооружений // АВОК. – 2015 г. – №6 – 10–18 с.
6. СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология» / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – М. : Стандартинформ, 2021. – 146 с.



УДК 697.92

Леонова Анастасия Павловна,  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: asyalnv@mail.ru

Leonova Anastasia Pavlovna,  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: asyalnv@mail.ru

## МЕСТНАЯ ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРИ РУЧНОЙ ПАЙКЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

### LOCAL EXHAUST VENTILATION FOR MANUAL SOLDERING OF ELECTRONIC EQUIPMENT

В статье представлены сведения о применении местной вытяжной вентиляции для удаления аэрозолей, выделяющихся при пайке мелких изделий с применением свинцово-оловянных и серебряных припоев. Пайка мелких изделий производится при температуре 180–350 °С вручную с помощью электропаяльника. На рабочих местах установлены паяльные станции. Рассмотрены основные требования к местной вытяжной вентиляции на рабочих местах. Рассмотрено решение местной вытяжной вентиляции от паяльной станции каждого рабочего места на участках селективной пайки и участков механической сборки.

*Ключевые слова:* местная вытяжная вентиляция, пайка, электронная аппаратура.

The article presents information on the use of local exhaust ventilation to remove aerosols released during soldering of small items using lead-tin and silver solders. Soldering of small items is carried out at a temperature of 180–350 °C manually using an electric soldering iron. Soldering stations are installed at workplaces. The basic requirements for local exhaust ventilation at workplaces are considered. The solution of local exhaust ventilation from the soldering station of each workplace in the areas of selective soldering and areas of mechanical assembly is considered.

*Keywords:* local exhaust ventilation, soldering, electronic equipment.

При сборке электронной аппаратуры одной из основных операций технологического процесса является пайка, составляющая до 70 % объема сборочных работ [1]. Пайка выполняется с применением низкотемпературных свинцово-оловянных и серебряных припоев [2].

Пайка мелких изделий производится при температуре 180–350 °С вручную с помощью электропаяльника, на автоматах различной конструкции, методом окунания (лужения) и волновой пайки. Паяльные работы выполняются на отдельных участках производства или чередуются с монтажными и сборочными процессами [2].

Процесс пайки может сопровождаться загрязнением воздушной среды аэрозолями свинцово-оловянных припоев как непосредственно при пайке, так и в периоды, когда паяльники и ванночки находятся в рабочем состоянии. Может также происходить загрязнение свинцом рабочих поверхностей и кожи рук работающих. Чтобы избежать превышения ПДК и возможных последствий следует применить системы удаления вредных веществ – местные отсосы.

Выбор использования именно местной вытяжной вентиляции обусловлен тем, что она удаляет вредные выделения непосредственно от мест их образования, не давая поступать им в объем всего помещения. Следовательно, использование местных отсосов сокращает необходимые для обеспечения санитарно-гигиенического эффекта объемы вентиляционного воздуха, тем самым резко сокращает энергопотребления системами промышленной вентиляции.

Основные требования по организации местной вытяжной вентиляции при пайке оловянно-свинцовыми припоями [2]:

- местные вытяжные устройства на рабочих местах должны обеспечивать скорость движения воздуха непосредственно на месте пайки не менее 0,6 м/с независимо от конструкции воздухоприемников;
- воздухоприемники должны крепиться на гибких или телескопических воздуховодах, способных перемещаться в процессе монтажных работ для максимального приближения к месту пайки, при этом должна быть надежная фиксация положения воздухоприемников;
- рециркуляция воздуха в производственных помещениях не допускается.

Исходя из вышеперечисленных требований, основным решением для рабочих мест при пайке должна быть локальная вытяжка на рабочих местах центральной вытяжной системой вентиляции [3, 4]. Пример такой системы показан на рис. 1 и 2.

На участках селективной пайки и участков механической сборки предусмотрена система местной вытяжной вентиляции от паяльной станции каждого рабочего места. Вытяжки от рабочих мест объединены по участкам в единую систему вытяжной вентиляции. В качестве местного отсоса применяется воронка  $\varnothing 50$  мм. Расход удаляемого воздуха –  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Наиболее эффективны и экономичны при ручных операциях местные отсосы, встроенные в ручной инструмент [5]. Встроенные отсосы дают значительную экономию капиталовложений, расхода тепловой и электрической энергии по сравнению с традиционными решениями местной вентиляции рабочих мест. От каждого паяльника удаляется по  $2 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха.



Рис. 1. Вид рабочих мест с устройством местных отсосов

В паяльник может быть встроен кольцевой или верхний местный отсос [5]. В кольцевом отсосе всасывающее отверстие выполняется в виде щели и расположено вокруг паяющего стержня. Верхний отсос представляет собой металлическую трубку, всасывающее отверстие которой располагается над концом паяющего стержня.

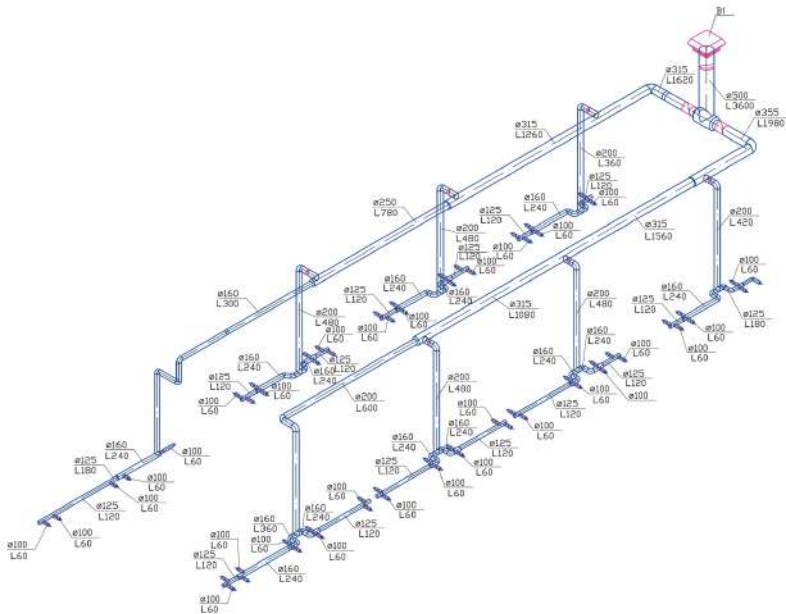


Рис. 2. Аксонометрическая схема местной вытяжной вентиляции от рабочих мест

### Литература

1. Малькова Н. Ю., Петрова М. Д., Кирьянова М. Н. Условия труда и функциональное состояние органа зрения работающих в современном производстве изделий микроэлектроники // Гигиена и санитария. Том 99, № 6, 2020. С. 591–596.
2. Межотраслевые правила по охране труда при проведении работ по пайке и лужению изделий. ПОТ Р М 022-2002. – СПб. : ЦОТИБСНП, 2002. 40 с.
3. Гримитлин А. М., Дацюк Т. А., Крупкин Г. Я., Стронгин А. С., Шилькрот Е. О. Отопление и вентиляция производственных помещений. СПб, Издательство «АВОК Северо-Запад», 2007. 399 с.
4. Марков А. С., Трунова И. Г., Пачурин Г. В., Шевченко С. М. Анализ и улучшение условий труда на участке сборки и монтажа микросхем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11–6. – С. 1023–1027; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10714> (дата обращения: 26.03.2023).
5. Гримитлин М. И., Эльтерман Е. М. Методические указания по устройству и эксплуатации местной вентиляции, обслуживающей электропаяльники и обжигалки. ВНИИ охраны труда ВЦСПС в Ленинграде, 1984. 37 с.

**УДК 628.38**

*Тихонов Никита Сергеевич,*

студент

*Эккерт Анастасия Андреевна,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: TihKit@mail.ru,*

*nastenka180418@mail.ru*

*Tikhonov Nikita Sergeevich,*

student

*Ekkert Anastasia Andreevna,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: TihKit@mail.ru,*

*nastenka180418@mail.ru*

## **УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ СТОЧНЫХ ВОД В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ**

### **UTILIZATION OF WASTEWATER HEAT IN RESIDENTIAL BUILDINGS**

Жилые здания обладают значительным количеством неиспользуемой низкопотенциальной вторичной теплоты, которую можно направить на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Утилизация вторичной тепловой энергии позволяет значительно снизить теплотребление зданий и повысить энергоэффективность инженерных систем зданий. В статье рассматриваются методы и системы отбора теплоты бытовых сточных вод на нужды горячего водоснабжения в многоквартирных домах. Применение систем утилизации теплоты сточных вод пока не приобрело широкого распространения и эта область малоизучена. Внедрение подобных систем в современных зданиях является достаточно актуальным и перспективным направлением.

*Ключевые слова:* жилые здания, сточные воды, утилизация теплоты, энергоэффективность.

Residential buildings have a significant amount of unused low-potential secondary heat, which can be directed to the needs of heating, ventilation and hot water supply. Utilization of secondary heat energy can significantly reduce the heat consumption of buildings and increase the energy efficiency of building engineering systems. This article considers methods and systems of domestic wastewater heat recovery for hot water supply in apartment buildings. Application of wastewater heat recovery systems has not widespread and this area has not insufficiently studied yet. The introduction of such systems is quite relevant and promising direction in the modern buildings.

*Keywords:* residential buildings, wastewater, heat recovery, energy efficiency.

Теплота, потребляемая в жилых зданиях, используется на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Например, потребление тепловой энергии в Санкт-Петербурге на отопление и вентиляцию составляет 83 %, а на горячее водоснабжение – 17 % [1].

Сегодня жилые здания обладают значительным количеством неиспользуемой вторичной низкопотенциальной теплоты, которую можно использовать для повышения эффективности теплоснабжения. Например, теплота сточных вод на данный момент практически не используется повторно и может найти применение в системах подготовки воды на нужды горячего водоснабжения и отопления.

Тепловая энергия, уносимая со стоками, имеется во всех домах с системами горячего водоснабжения. Основным источником теплоты сточных вод выступает горячая вода, поступающая после использования в систему канализации. Температура сточных вод, по данным [3, 4], может достигать температуры 8–35 °С в течение суток.

Отвод стоков в жилых зданиях может осуществляться по нескольким схемам: отвод «серых» и «черных» сточных вод. Схемы эти основываются на степени загрязнения отводимого стока. «Серые» сточные воды – это сточные воды от сантехнических приборов, таких как раковины, ванны и душевые кабины, в составе которых имеются следы моющих средств и жиры. «Черные» – это воды, поступающие из туалетов. Чем выше температура отводимых стоков, тем больше производительность систем утилизации теплоты стоков [3]. «Серые» воды имеют более высокую температуру (в сравнении с «черными») и являются относительно чистыми. Поэтому они более привлекательны для отбора теплоты, кроме того, они не откладывают большое количество загрязнений на стенках теплообменников, используемых в системах утилизации теплоты.

Для утилизации теплоты сточных вод наиболее широко распространены теплообменники рекуперативного типа «труба в трубе» (рис. 1). Сточные воды попадают в верхнюю часть рекуператора, откуда стекают вниз по трубе. С другой стороны стенки снизуверх

течет холодная вода. Несмотря на невысокую разность температур между средами, подобный теплообменник способен передавать значительную часть энергии.

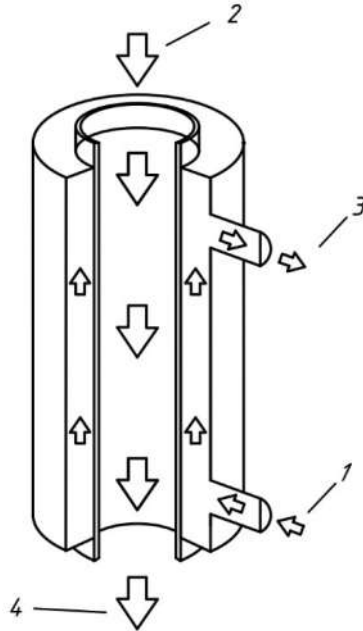


Рис. 1. Принципиальная схема теплообменника «труба в трубе»:

1 – вход холодной воды; 2 – вход теплой отработанной воды;  
3 – подогретая вода; 4 – выход холодной отработанной воды в канализацию

Обеспечение сбора стока от всех сантехнических приборов приводит к сглаживанию неравномерности потребления воды и отвода стоков. Это способствует повышению эффективности работы. Для получения максимального результата необходимо обеспечить требуемую длину рекуператора.

При рассмотрении многоквартирного жилого дома и утилизации теплоты стоков от отдельной квартиры (рис. 2) можно отметить высотные ограничения (в силу наличия ограждающих конструкций

и невозможности работы на нескольких этажах). Размещение оборудования под санитарно-техническими приборами может быть затруднено. В таких случаях, для обеспечения необходимой длины теплообменника, сточная вода перекачивается к теплообменнику насосом. Расход энергии на перекачку полностью компенсируется за счет энергии, сэкономленной рекуператором. Подобная система обеспечивает предварительный нагрев холодной воды, поступающей в водонагреватель или сразу к потребителю.

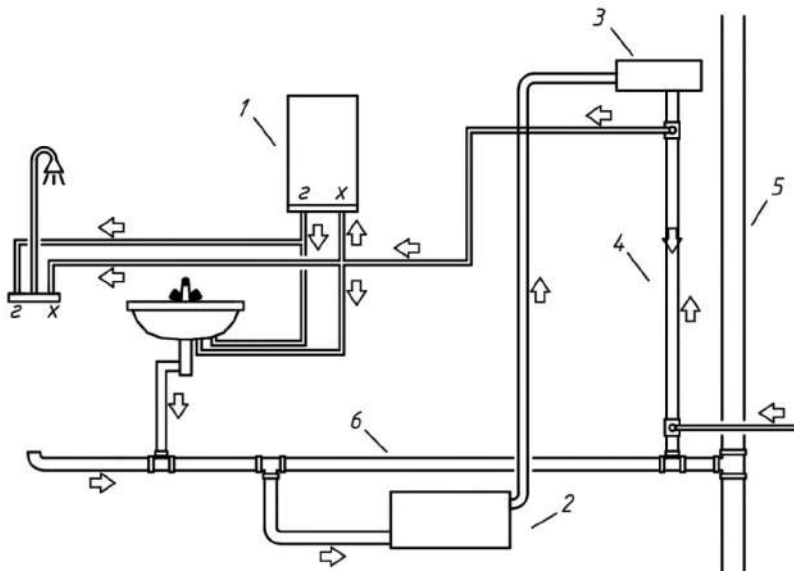


Рис. 2. Схема утилизации теплоты сточных вод:  
1 – водонагреватель; 2 – насос; 3 – накопитель;  
4 – рекуператор-утилизатор; 5 – канализационный сток;  
6 – труба аварийного перелива

Сейчас наиболее распространенной схемой отвода сточных вод является «черная» (когда к стокам от раковин, ванн и других сантехнических приборов, добавляются стоки от туалетов). При такой схеме параметры среды снижаются, и становится



рациональным добавлять в систему отбора тепловой энергии насос (рис. 3). Поскольку это оборудование занимает достаточно много места, рекомендуется размещение его в подвалах или технических этажах для работы с общедомовыми стоками на выпуске канализации.

Тепловой насос состоит из испарителя, конденсатора, дросселирующего устройства и компрессора. Жидкий хладагент поступает в испаритель, где в процессе кипения при пониженном давлении отбирает теплоту через стенку от водяного контура, поэтому он постоянно охлаждается. Компрессор забирает парообразный хладагент из испарителя и сжимает его, в результате чего температура хладагента повышается и хладагент поступает в конденсатор. В конденсаторе хладагент конденсируется, отдавая теплоту теплоносителю. После дросселирования хладагента в терморегулирующем вентиле процесс повторяется.

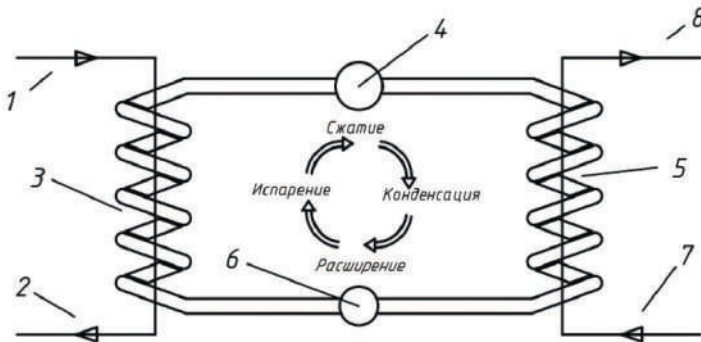


Рис. 3. Принципиальная схема теплового насоса в системе утилизации:  
 1 – вход среды с низкопотенциальной теплотой (сточные воды);  
 2 – выход среды, отдающей теплоту, с пониженной температурой;  
 3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – конденсатор; 6 – терморегулирующий вентиль; 7 – вход теплоносителя для подогрева, 8 – нагретый теплоноситель

Сточные воды уносят с собой много тепловой энергии. Это связано с тем, что после использования вода сохраняет достаточно высокие температуры: по данным компании Rheat, 10 % энергии,

затрачиваемой водонагревателями для подготовки воды, расходуется на помыв, а 90 % сбрасывается в канализацию. При установке утилизаторов теплоты можно вернуть значительную часть энергии (до 50–60 %). Повторное использование теплоты сточных вод экономит энергию на приготовление горячей воды [5, 6].

### **Благодарности**

Работа выполнена в рамках НИР № 59с23 при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ.

### **Литература**

1. Обосновывающие материалы. Схема теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 года (актуализация на 2022 г.). Книга 2, глава 2. Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения. URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/shemy-razvitiya-inzhenerno-energeticheskogo-kompleksa/shema-teplosnabzheniya/aktualizaciya-shemy-teplosnabzheniya-sankt-peterburga-na-2022-god/shema-2022-obosnov/> (дата обращения: 16.03.2023 г.).
2. Эффективное использование низкопотенциального тепла. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5147](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5147) (дата обращения: 17.03.2023 г.).
3. Оценка потенциала тепла сточных вод в многоквартирных жилых зданиях (на примере г. Апатиты). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-potentsiala-tepla-stochnyh-vod-v-mnogokvartirnyh-zhilyh-zdaniyah-na-primere-g-apatity> (дата обращения: 16.03.2023 г.).
4. Утилизация тепла сточных вод. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5462](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5462) (дата обращения: 17.03.2023 г.).
5. Теплообменник канализации. URL: <https://www.rheat.ru/index.php/company/hot-topics/item/60-recuperator.html> (дата обращения: 16.03.2023 г.).
6. *Крупнов Б. А.* Предварительное нагревание холодной воды внутреннего водопровода // СОК, № 5, 2011. С. 24–25.

УДК 697

*Шучалин Федор Петрович,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: fshuchalin@list.ru*

*Shuchalin Fedor Petrovich,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: fshuchalin@list.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ЖИЛОМ ДОМЕ**

### **FEATURES OF VARIOUS TYPES OF APPLICATION OF HEATING SYSTEMS IN AN INDIVIDUAL RESIDENTIAL BUILDING**

Отопление в жилом доме выполняет одну из самых важнейших функций, обеспечивающую комфортное пребывание в помещениях. С развитием технологий в эксплуатации появилось множество вариантов достижения оптимальной температуры. На сегодняшний день представлены различные схемы устройства отопительных систем и модели оборудования для них. Идеального варианта, разумеется, при их выборе нет. Но есть основные правила, которым нужно следовать – добиться правильного регулирования, распределения и передачи тепла по всем помещениям строения. Немало важную роль играет баланс между пользой и затратами. Необходимо разумно подходить к подбору трассировки трубопровода и оборудования. Чтобы подробнее разобраться в теме рассмотрим несколько вариантов отопления.

*Ключевые слова:* отопление, виды, система, температура, варианты.

Heating in a residential building performs one of the most important functions that ensures a comfortable stay in the premises. With the development of technology in operation, many options have appeared to achieve the optimum temperature. To date, various schemes for the design of heating systems and models of equipment for them are presented. Of course, there is no ideal option when choosing them. But there are basic rules that must be followed – to achieve the correct regulation, distribution and transfer of heat throughout all the premises of the building. The balance between benefits and costs is important. It is necessary to reasonably approach the selection of pipeline routing and equipment. To understand the topic in more detail, consider several options for heating.

*Keywords:* heating, types, system, temperature, options.

Радиаторное отопление – это классический метод поддержания температуры в помещении. Данный метод используется в большинстве случаев и имеет огромную популярность, а его монтажная часть заключается лишь в установке отопительного прибора – радиатора, который занимает подготовленное для него подоконное пространство. Такое решение позволяет полностью компенсировать потери тепла через оконный проем, при этом распространять тепловое излучение в помещении. К радиатору прокладывается трубопровод, по которому течет теплоноситель (вода) с определенной температурой, согласованная по своду правил [1].

Чтобы рассмотреть особенности систем, возьмем типовое жилое помещение жилого индивидуального дома (спальню). Ее габариты будут составлять:  $60 \text{ м}^3$ , с учетом утеплителя и наличие хотя бы одного окна. Для графического представления воспользуемся программой Solid Works. После проектирования помещения, как на рис. 1, задаем глобальные параметры и подставляем настройки с учетом установки радиатора, как выбранную систему отопления.

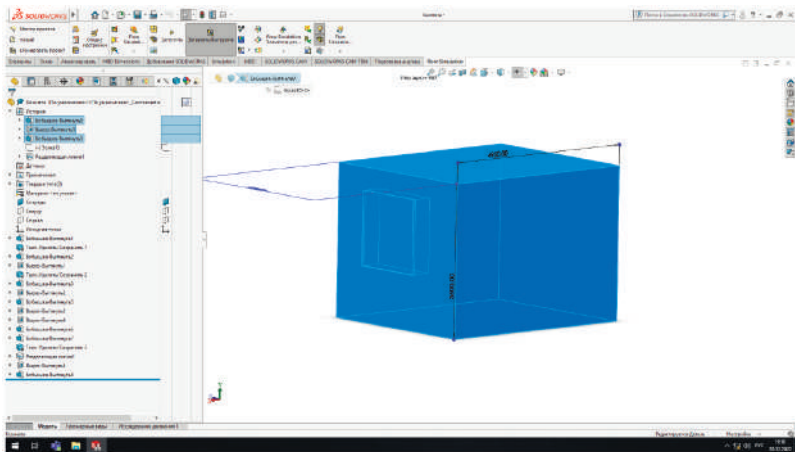


Рис. 1. Исследуемое помещение спальни

После проведенных расчетов получился следующий результат, как на рис. 2:

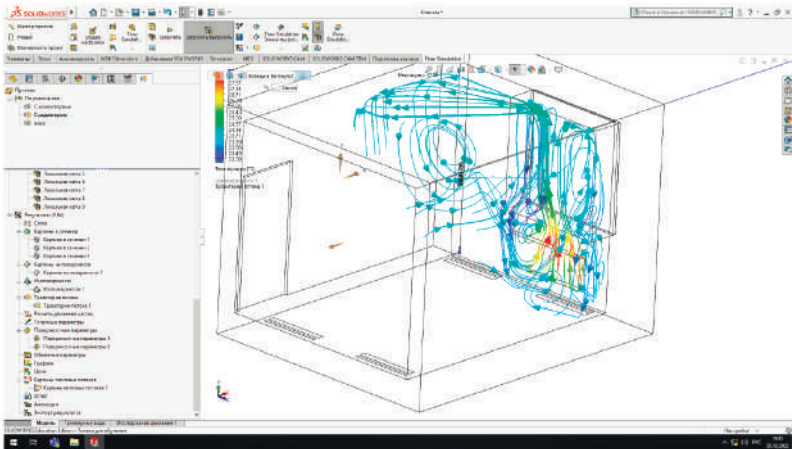


Рис. 2. Изменение температуры тепловых потоков при радиаторе

Таким образом, можно разглядеть, каким образом будет распространяться тепло при радиаторной системе отопления. Можно заметить, что большая часть тепла уходит на погашение теплопотерь через окно и уже к середине комнаты доходит комфортная для человека температура. В расчете также была подчитана средняя температура в помещении. При данном расчете температура в спальне была в районе 22–25 °С.

Альтернативой радиаторному отоплению проектировщики могут предложить систему с использованием конвекторов, находящийся в стальном корпусе нагреватель. Холодный воздух, двигаясь по ребрам прибора, постепенно нагревается и поднимается вверх. Подобная конструкция прибора способствует возникновению циркуляции. Верхняя часть корпуса оснащена решеткой, через которую выходит нагретый воздух (в отдельных моделях имеются жалюзи, позволяющие регулировать восходящие потоки). В нашем случае приборы расположены в полу по периметру помещения в количестве четырех штук, как на рис. 3. Все конвектора настроены и работают с одинаковой мощностью.

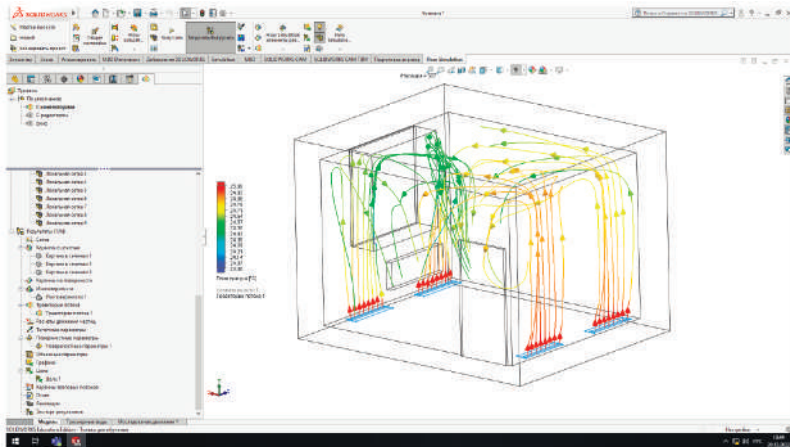


Рис. 3. Изменение температуры тепловых потоков при конвекторах

Из проведенного опыта можно сделать вывод, что при конвекторах нагрев помещения происходит более равномерно, что послужит более комфортному проживанию в комнате. Но стоит учитывать наличие окна, которое сильно влияет на общий параметр микроклимата в спальне, из-за чего приборы отопления, скорее всего, необходимо будет настраивать под индивидуальный случай. Также не каждый домовладелец будет готов уделить дополнительные затраты на электричество, так как большая часть конвекторов, зачастую, привносят эффективность за счет встроенных электронагревателей.

Из представленных вариантов можно предложить еще множество вариантов. Среди них хотелось бы выделить окно с электроподогревом. Стеклопакеты с подогревом – это однокамерные или двухкамерные СП, оборудованные системой автоматического регулирования электрической мощности нагрева. Электричество подключается к стеклопакету и прогревает оконные поверхности. Разумеется, такую систему нельзя использовать как самостоятельную. Такое решение всегда идет в комбинации с основным отоплением. В нашем случае будет применен теплый пол. Теплый пол –

это современный и удобный способ отопления жилого помещения или дома в любое время года. Система электрического подогрева пола состоит из нагревательных матов и регуляторов, которые укладываются под полом. Их можно разместить между слоями бетона, залить самовыравнивающимся бетоном или уложить в клей под плитку. На основе полученных данных, все параметры заносим в программу и получаем следующий результат, как на рис. 4:

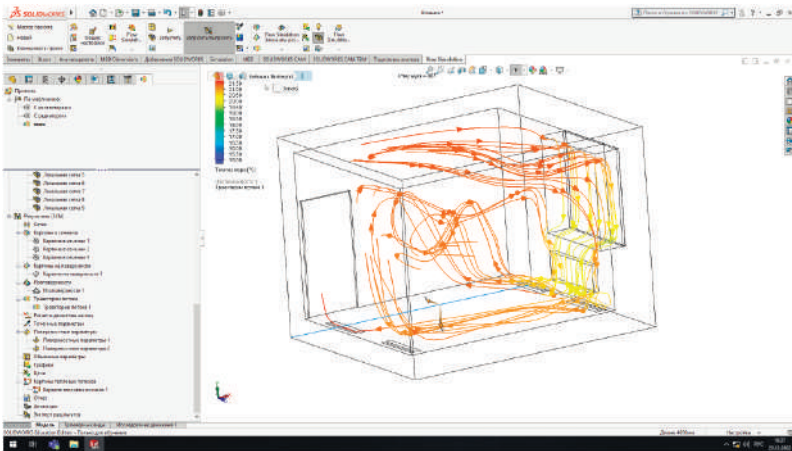


Рис. 4. Изменение температуры тепловых потоков при теплом поле

Судя по изображению, можно сказать, что основная нагрузка направлена на окно с подогревом, потому что именно на оконные проемы приходится большая часть теплопотерь, а теплый пол, подобно конвекторам, обеспечивает равномерное распределение тепла по помещению. При определенных настройках такая комбинация систем вполне справляется с поставленной задачей. Но также есть и недостатки. Пусть и установка системы отопления может обойтись дешевле, то по рис. 4 видно, что для достижения комфортной температуры придется выставить настройки приборов почти на максимум. Такой метод может работать нестабильно в зимний период и потребовать довольно много затрат на электроэнергию.

Но должен подметить, что расчет проводился в районе города Санкт-Петербург, и если подобную систему использовать в более благоприятном климате, то это решение будет крайне положительно влиять как на эффективность, так и на экономию.

Следовательно, система отопления является очень гибкой и разнообразной инфраструктурой. На каждый особый, уникальный и индивидуальный случай можно подобрать собственный подход к решению компенсации теплопотерь. Разумеется, в любом варианте будут свои преимущества и недостатки. Но суть состоит в том, чтобы выбранная система выполняла свою функцию – обеспечивала комфортную температуру для проживания в месте, где необходимо отопление.

### **Литература**

1. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
2. Что такое конвекторное отопление – устройство, принцип работы, правила установки [Электронный ресурс]//ТеплоСпец. URL:<https://teplospec.com/radiatory-batarei/chto-takoe-konvektornoe-otoplenie-ustroystvo-printsip-raboty-pravila-ustanovki.html> (дата обращения 20.03.2023).
3. Теплые полы [Электронный ресурс]// leroym Merlin URL:[https://leroymmerlin.ru/advice/elektrotovary/teplyepoly/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F/](https://leroymmerlin.ru/advice/elektrotovary/teplyepoly/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F/)



**УДК 697**

*Суханов Кирилл Олегович,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Аншукова Екатерина Аркадьевна,*  
канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru,*  
*eanshukova@lan.spbgasu.ru*

*Sukhanov Kirill Olegovich,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
*Anshukova Ekaterina Arkadyevna,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: suhanov.kirill1993@mail.ru,*  
*eanshukova@lan.spbgasu.ru*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ  
В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ Renga**

**ENGINEERING SYSTEMS DESIGN  
IN Renga SOFTWARE**

В последнее время в технологиях информационного моделирования в строительстве идет активный этап импортозамещения. Популярное в последние годы программное обеспечение Autodesk Revit заменяется на отечественные аналоги. Для проектирования инженерных систем на рынке представлено несколько российских программ. Одним из самых востребованных комплексов является Renga. Данная программа изначально была разработана для моделирования архитектуры, но со временем в ней стал доступен инструмент построения инженерных систем. Из-за того, что эта функция в программе начала разрабатываться не так давно, в ней присутствует ряд недостатков. В данной работе проведен анализ моделирования инженерных систем в программном комплексе Renga.

*Ключевые слова:* BIM-технологии, информационное моделирование в строительстве, проектирование инженерных систем, Autodesk Revit, Renga.

Recently, an active stage of import substitution has been going on in information modeling technologies in construction. Autodesk Revit software, popular in recent years, is being replaced by domestic counterparts. For the design of engineering systems, several Russian programs are presented on the market. One of the most popular complexes is Renga. This program was originally developed for modeling architecture, but over time a tool for building engineering systems became available in it. Due to the fact that this function in the program began to be developed not so long ago, there are a number of shortcomings in it. This paper analyzed the modeling of engineering systems in the Renga software package.

*Keywords:* BIM technologies, information modeling in construction, engineering systems design, Autodesk Revit, Renga.

В последние годы технологии информационного моделирования получили широкое распространение в нашей стране [1–4]. Строительные и научно-исследовательские организации используют BIM-технологии в своей деятельности ввиду появления возможности контроля объекта на всех этапах его жизненного цикла.

Формирование информационной модели объекта капитального строительства должно производиться в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства», классификатора строительной информации и СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».

Проектные компании активно проводят переподготовку инженеров для работы с инструментами BIM-моделирования в различных программных комплексах.

В России большую популярность приобрел программный комплекс Autodesk Revit. Данный комплекс удобен для работы проектировщиков, т. к. позволяет создавать информационные модели любого уровня детализации геометрии и информационной наполненности. Для Revit разработано большое количество специализированных шаблонов, настроенных в соответствии с нормативной документацией РФ. Также собрана обширная библиотека семейств от различных производителей оборудования. Удобством программы является то, что она дает возможность проектировать и вносить изменения в чертежи со всех видов (планы, разрезы спецификации).

Revit в России мало используется как расчетная программа. Поэтому для программы разработан ряд надстроек (MagiCad, linear,

Два облака). Еще с Revit взаимодействуют программы компании Sancom (Auditor OZC, Auditor SET).

В дополнение программа оснащена инструментом визуального программирования, DYNAMO, которое позволяет решать задачи, не предусмотренные самим Revit.

В качестве инструмента BIM-моделирования российскими разработчиками представлены несколько программных комплексов. Основными программами являются Renga, nanoCad и Model Studio. В данной работе проведен анализ проектирования инженерных систем в Renga.

Подходы к моделированию инженерных систем в Renga и Revit в корне отличаются друг от друга. В Revit проектировать инженерные системы можно как, на планах этажей, так и в 3D-виде, на фасадах и на разрезах. Все настройки в Renga рассчитаны для моделирования на 3D-виде.

Также можно работать на планах этажей, но это менее удобно из-за ограниченных возможностей. Работа с элементами на разрезах и фасадах не предусматривается.

Моделирование в 3D-виде организовано достаточно удобно. На модели всегда работают точки отслеживания, при помощи которых во время размещения оборудования можно задавать конкретные координаты.

Кардинальным отличием от Revit является инструмент трассировки инженерных систем, предлагаемый разработчиками Renga. В данном случае воздуховоды и трубопроводы прокладываются только автоматически с последующей ручной корректировкой (рис. 1).

Такой метод нельзя назвать классическим, и он может быть удобен не для всех проектировщиков. Плюсом программы является возможность автоматического размещения соединительных элементов на построенной трассе.

Также на трассе удобно расставляется запорно-регулирующая арматура (рис. 2). При необходимости расставленные элементы можно повернуть в нужном направлении или поменять на другой тип.

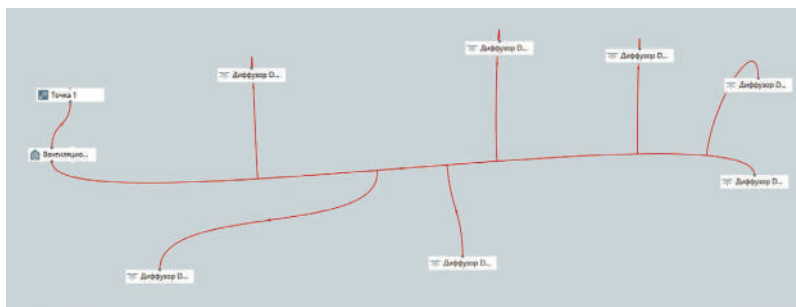


Рис. 1. Конструктор трассировки систем

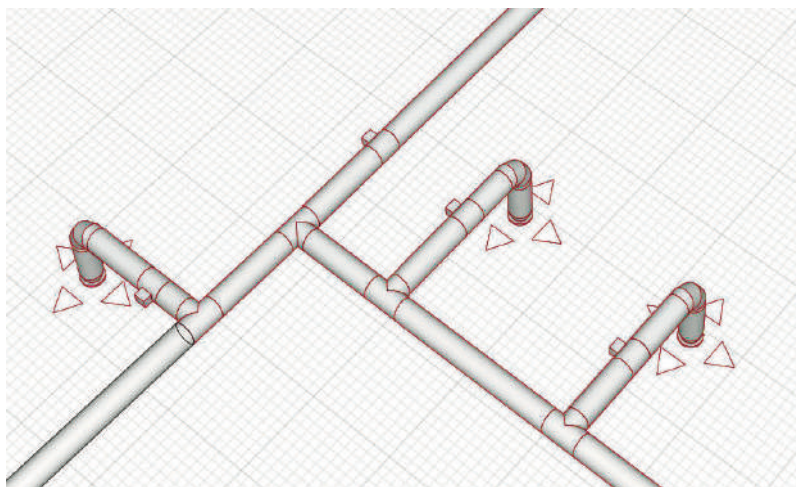


Рис. 2. Размещение деталей на трассе

В Renga для изоляции каждой построенной системы есть возможность быстро настроить фильтры. Также достаточно быстро можно в самой программе создать недостающий элемент (рис. 3). В этом плане работа настроена удобнее создания семейств в Revit, так как не нужно досконально прорабатывать геометрию объекта, а просто редактировать ее в параметрах. Проблема в том, что можно редактировать только существующие формы. Но элементы

с необходимой геометрией можно загрузить в проект из других файлов.

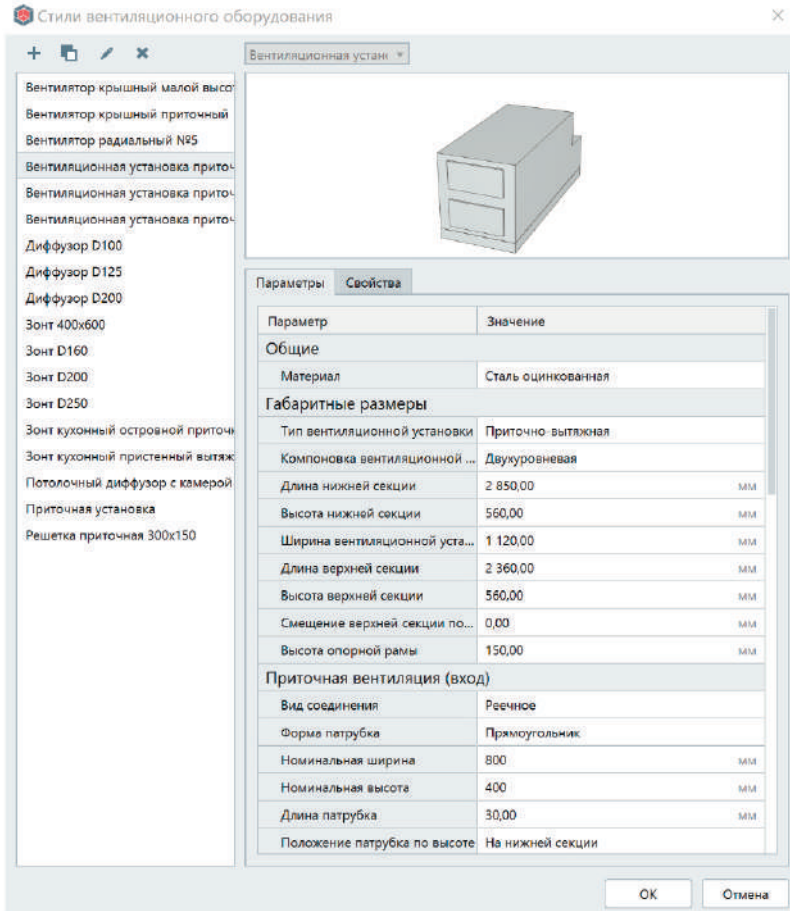


Рис. 3. Создание нового элемента

Сама библиотека элементов оборудования на сегодняшний день достаточно маленькая. Производители уже разрабатывают каталоги оборудования для Renga, но пока их не много. Для

полноценного проектирования необходимо время для создания обширной библиотеки элементов.

Среди недостатков программы стоит отметить достаточно узкий набор инструментов на сегодняшний день. Например, в Renga нет инструмента размещения изоляции на воздуховоде или трубопроводе. Для обозначения изоляции на системе вентиляции предлагается ввести дополнительный воздуховод, выполненный из изоляционного материала, и разместить его поверх трассы. На самом проекте это никак не отражается, но для экономии времени было бы удобнее иметь дополнительную команду «Изоляция» на панели инструментов.

Достаточно быстро и просто настроено оформление чертежей. Одним из основных преимуществ Renga над зарубежными программными обеспечениями является то, что она выдает документацию в соответствии с российскими ГОСТами. В Revit это возможно только при дополнительных настройках шаблонов.

Выполнение автоматических расчетов систем может быть выполнено с помощью специализированных расчетных модулей. Программа дает возможность подгружать результаты расчетов. Но для полноценного использования автоматических расчетов необходим дополнительный анализ модулей.

По результатам выполненного анализа можно сделать следующие выводы:

1. В программном комплексе Renga можно достичь поставленных целей моделирования инженерных систем, получить на выходе проектную документацию, соответствующую российским нормам.

2. Для дальнейшего широкого применения программного комплекса Renga необходима разработка библиотек наиболее используемого оборудования.

3. Необходимо проверить библиотеки элементов оборудования на возможность изменения уровней детализации и информационной наполненности

4. Необходимо провести анализ существующих модулей автоматизированных расчетов.

### Литература

1. *Sukhanova I., Sukhanov K.* Numerical Simulation of a Stable Microclimate in a Historic Building // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 982, pp. 84–90 (2020).
2. *Chikovskaya I. N., Sukhanova I. I., Sukhanov K. O.* Building information modeling-based engineering systems design // *Proceedings of ECSF 2021 Engineering, Construction, and Infrastructure Solutions for Innovative Medicine Facilities* 245–252. DOI: 10.1007/978-3-030-99877-6\_29/
3. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» // *СЗ РФ*. 2017. № 20. ст. 2901.
4. *Шеина С. Г., Петров К. С., Федоров А. А.* Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России // *Строительство и технологическая безопасность*. 2019. № 14(66). С. 7–14.

# СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

---

УДК 621.311

*Антонов Владислав Александрович,*

студент

*Арефьев Николай Евгеньевич,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: morr070290@gmail.com,*

*Arefjev.kolya@yandex.ru*

*Antonov Vladislav Alexandrovich,*

student

*Arefjev Nikolai Evgenievich,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: morr070290@gmail.com,*

*Arefjev.kolya@yandex.ru*

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

### APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF ELECTRICAL SYSTEMS

В данной статье мы рассмотрим возможность использования искусственного интеллекта в управлении электрическими системами, и как это влияет на работу энергетических систем. Из открытых источников собраны и проанализированы актуальные сведения о преимуществах и недостатках искусственного интеллекта в области системы электроснабжения. Произведен анализ перспективных направлений использования в управлении электрическими системами искусственного интеллекта. Представлена актуальная структурная схема микросетей. Сделаны выводы о перспективах внедрения искусственного интеллекта и дана объективная оценка рискам в области управления электрическими системами.

*Ключевые слова:* электроэнергия, искусственный интеллект, альтернативные источники.

In this article we will consider the possibility of using artificial intelligence in the management of electrical systems, and how it affects the operation of energy systems. Current information about the advantages and disadvantages of artificial intelligence in the field of power supply systems has been collected and analyzed from open sources. The analysis of promising areas of use in the management of electrical systems of artificial intelligence is carried out. An up-to-date block diagram of microgrids is presented. Conclusions are drawn about the prospects for the introduction



of artificial intelligence and an objective assessment of the risks in the field of control of electrical systems is given.

*Keywords:* electric power, artificial intelligence, alternative sources.

## **Введение**

Искусственный интеллект (ИИ) – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека [1]. Одна из самых перспективных технологий в настоящее время. Он уже нашел свое применение в различных отраслях, в том числе и в энергетике. Индустрия электроснабжения – один из многих секторов, извлекающих выгоду из технологий искусственного интеллекта. Искусственный интеллект помогает энергоснабжающим компаниям оптимизировать свою деятельность, потребление энергии, снизить затраты и повысить удовлетворенность клиентов.

## **Преимущества и задачи**

Искусственный интеллект обладает потенциалом для преобразования отрасли электроснабжения, предоставляя инновационные решения проблем современных энергетических систем. Одной из основных задач, решаемых при использовании ИИ в электроснабжении, является управление электрической нагрузкой. Энергосистемы должны обеспечивать стабильное электроснабжение при изменении нагрузки, и ИИ позволяет управлять этим процессом более эффективно. Например, при помощи ИИ можно помочь в прогнозировании потребностей в энергии, оптимизации производства и распределения энергии, а также в мониторинге работоспособности электросети. Задача более точного определения потерь при передаче электроэнергии актуальна как для поставщиков электроэнергии, так и для конечного потребителя, так как, обладая подтвержденными данными о потерях, поставщики могут аргументировано подтверждать тарифы, а энергетики на предприятиях максимально точно прогнозировать потери мощности и затраты на электроэнергию [2].

Другой важной задачей, решаемой при помощи ИИ, является предсказание отказов оборудования. Используя алгоритмы машинного обучения, ИИ анализирует данные об использовании

оборудования и позволяет определить, когда оно может выйти из строя. Это позволяет произвести замену оборудования заранее, что повышает эффективность работы энергосистемы.

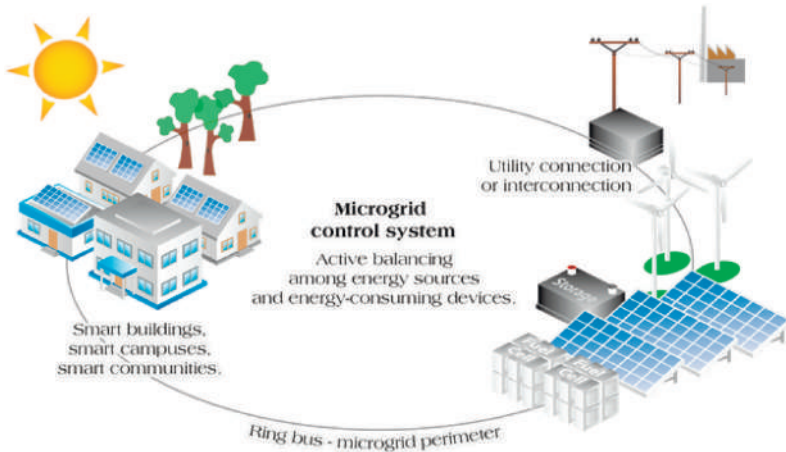
Искусственный интеллект также используется для обнаружения аномалий, выявления и устранения неисправностей в режиме реального времени и предотвращения перебоев в подаче электроэнергии.

Другим важным применением искусственного интеллекта в электроснабжении является производство энергии. Алгоритмы искусственного интеллекта могут оптимизировать производительность возобновляемых источников энергии, таких как энергия солнца и ветра. Искусственный интеллект может отслеживать погоду, регулировать уровни производства энергии и обеспечивать соответствие производства энергии спросу на энергию. Это помогает свести к минимуму потери и снизить затраты, обеспечивая при этом надежное и бесперебойное энергоснабжение потребителей.

### **ИИ в микросетях**

Одной из наиболее интересных областей развития искусственного интеллекта и электроснабжения является использование микросетей на базе искусственного интеллекта. Микросети – это локальная энергосистема, которая предполагает создание на определенной территории собственных энергосетевых структур способных работать в том числе автономно. Структурная схема микросети представлена на рисунке [3]. Алгоритмы искусственного интеллекта могут оптимизировать производство и использование энергии в микросетях, гарантируя, что они всегда работают эффективно и с минимальными затратами.

Микросети на базе искусственного интеллекта особенно полезны в районах с ненадежным электроснабжением или там, где существует необходимость в энергетической независимости. Микросети могут использоваться для питания удаленных районов, военных баз, больниц и другой критически важной инфраструктуры. Искусственный интеллект может гарантировать, что производство энергии всегда соответствует спросу на энергию, сводя к минимуму потери и снижая затраты.



Структурная схема микросети

### Интеллектуальное обслуживание электростанций и сетей

Искусственный интеллект позволит модернизировать обслуживание возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели. Пример использования искусственного интеллекта на практике – возможность использования дронов для улучшения профилактического обслуживания фотоэлектрических и ветряных электростанций, воздушных линий электропередачи.

Например, дрон со встроенной камерой фотографирует солнечные панели, искусственный интеллект оценивает фотографии и, если обнаруживает повреждение, отправляет оператора на место.

Возможен также мониторинг и оценка звуков электрических машин на электростанциях. Искусственный интеллект определяет по ним, работает ли машина должным образом или существует риск неисправности.

### Недостатки

Однако, несмотря на все преимущества, использование ИИ в электроснабжении также может иметь свои недостатки.

Сложность: искусственный интеллект может добавить уровень сложности к системе электроснабжения. Алгоритмы искусственного

интеллекта сложны и требуют сложного аппаратного и программного обеспечения. Это может привести к увеличению затрат на техническое обслуживание и эксплуатацию. Возможны ошибки в алгоритмах, что может привести к неправильному распределению нагрузки или определению оптимального режима работы

**Зависимость от данных:** алгоритмам искусственного интеллекта требуются огромные объемы данных для обучения и принятия решений. Эти данные должны быть точными и актуальными. Если данные являются неполными или неточными, это может привести к неправильным решениям, которые могут быть дорогостоящими и опасными.

**Риски безопасности:** системы искусственного интеллекта могут быть уязвимы для взлома и кибератак. Если система искусственного интеллекта скомпрометирована, это может привести к нарушению электроснабжения или даже нанести физический ущерб.

**Потеря работы:** системы искусственного интеллекта могут заменить работников-людей, что приведет к потере работы. Это может оказать значительное влияние на рабочую силу и местную экономику.

**Недостаток понимания:** системы искусственного интеллекта могут быть трудны для понимания и интерпретации. Это может привести к отсутствию доверия к системе, что может помешать ее внедрению.

**Зависимость:** если система электроснабжения становится слишком зависимой от искусственного интеллекта, может быть трудно работать без него. Это может стать проблемой, если система искусственного интеллекта выходит из строя или ее необходимо отключить для технического обслуживания.

В целом, хотя искусственный интеллект обладает потенциалом для улучшения отрасли электроснабжения, важно осознавать эти потенциальные недостатки и ответственно подходить к их устранению.

### **Выводы**

В заключение можно сказать, что искусственный интеллект трансформирует индустрию электроснабжения, предоставляя

инновационные решения проблем современных энергетических систем. Технологии, основанные на искусственном интеллекте, помогают энергоснабжающим компаниям оптимизировать производство и распределение энергии, снизить затраты и повысить удовлетворенность клиентов. С дальнейшим развитием искусственного интеллекта мы можем ожидать увидеть в будущем еще более.

### Литература

1. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года //TADVISER: Государство. Бизнес. ИТ. – 2020. – URL: <http://www.tadviser.ru/images/8/86/0001201910110003.pdf> (дата обращения: 27.02.2023).
2. Искусственный интеллект в электроэнергетике / Ю. В. Коновалов, А. И. Вайгачев // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2021. – № 8. – С. 225–226.
3. MicroGrid. Малая распределенная энергетика URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82\\_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8\\_%28MicroGrid-%29\\_%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D1%8F\\_%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3-%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8_%28MicroGrid-%29_%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3-%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) (дата обращения: 27.02.2023).

УДК 621.341.572

*Арефьев Николай Евгеньевич,*  
студент

*Антонов Владислав Александрович,*  
студент

*Хомидов Мирзоакбар Мансурович,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: arefjev.kolya@yandex.ru,*  
*morr070290@gmail.com,*  
*hmirzoakbar@gmail.com*

*Arefyev Nikolay Evgenievich,*  
student

*Antonov Vladislav Alexandrovich,*  
student

*Khomidov Mirzoakbar Mansurovich,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: arefjev.kolya@yandex.ru,*  
*morr070290@gmail.com,*  
*hmirzoakbar@gmail.com*

## **АНАЛИЗ И РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ**

### **ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF MULTI-LEVEL VOLTAGE INVERTERS**

В статье рассмотрены различные конфигурации многоуровневых инверторов напряжения. Описывается их принцип работы, а также преимущества по сравнению с классическими двухуровневыми инверторами. Раскрывается актуальность их применения в различных областях электроэнергетики. Проведено сравнение различных схематических решений, выявлены их достоинства и недостатки. С помощью программной среды MATLAB Simulink построена пятиуровневая модель инвертора с диодным зажимом, инвертора с плавающими конденсаторами и инвертора с каскадным H-мостом. Произведено моделирование работы этих устройств, в ходе которого получены формы выходных напряжений. Полученные осциллограммы напряжений позволяют говорить, что генерируемый выходной сигнал таких преобразователей больше соответствует синусоидальной волне, что приводит к снижению электромагнитных помех и повышению качества электроэнергии.

*Ключевые слова:* многоуровневые инверторы, каскадные инверторы, плавающие конденсаторы, переменный ток.

The article discusses various configurations of multilevel voltage inverters. Their principle of operation is described, as well as advantages in comparison with classical two-level inverters. The relevance of their application in various fields of the electric power industry is revealed. The comparison of various schematic solutions is carried out, their advantages and disadvantages are revealed. Using the

MATLAB Simulink software environment, a five-level model of an inverter with a diode clamp, an inverter with floating capacitors and an inverter with a cascade H-bridge was built. The simulation of the operation of these devices was carried out, during which the forms of output voltages were obtained. The obtained voltage waveforms allow us to say that the generated output signal of such converters corresponds more to a sine wave, which leads to a decrease in electromagnetic interference and an increase in the quality of electricity.

*Keywords:* multilevel inverters, cascade inverters, floating capacitors, alternating current.

Силовые электронные преобразователи используются для преобразования электрической энергии с одними значениями параметров и показателей в электрическую энергию с другими значениями [1]. Они подразделяются на несколько типов в зависимости от характера входного и выходного напряжений. Инвертор является одним из таких типов, он преобразует постоянный электрический ток в переменный с требуемой частотой. Наиболее распространенным типом инвертора, который используется для получения переменного напряжения, является двухуровневый инвертор.

Двухуровневый инвертор позволяет создать только два уровня напряжения  $+V/2$  и  $-V/2$ . Для создания переменного напряжения эти два уровня переключаются с определенной частотой. Этот метод преобразования напряжения эффективен, но он имеет некоторые ограничения, поскольку вызывает помехи и большие искажения в выходном напряжении.

Для улучшения профиля напряжения и эффективности всей системы вводятся многоуровневые инверторы. В многоуровневых инверторах напряжение на выходе генерируется из нескольких уровней напряжения, подаваемых на его вход [2]. Выходной сигнал таких преобразователей имеет высококачественную форму с уменьшенными гармоническими искажениями, способную работать на основных и высоких частотах. Он обеспечивает высокое качество электроэнергии и соответственно лучшую электромагнитную совместимость.

В последнее время рынок многоуровневых инверторов становится все более востребованным в промышленных секторах, а также

в тех областях, где существует потребность в мощных и высоковольтных устройствах. Еще одним интересным фактором в случае многоуровневого инвертора является то, что его можно легко подключать к возобновляемым источникам энергии, к электромобилям, аккумуляторам и конденсаторам [3].

На сегодняшний момент существует множество типов многоуровневых инверторов их классификация показана на рис. 1



Рис. 1. Классификация многоуровневых инверторов

### Многоуровневый инвертор с диодным зажимом (DC-MLI)

В многоуровневых инверторах с диодным зажимом используются зажимные диоды для ограничения напряжения питания устройств. Для работы инвертора с диодным зажимом  $k$  – уровня требуется  $(2k - 2)$  коммутационных устройства,  $(k-1)$  источник входного напряжения и  $(k - 1)(k - 2)$  диоды [4]. Но у этой топологии есть недостаток, заключающийся в том, что максимальное напряжение, которое мы можем получить от нее, не может превышать половины входного напряжения. Эту проблему можно решить, увеличив количество конденсаторов, транзисторов и диодов. Этот тип инверторов обеспечивает высокую эффективность и является простым методом обратной передачи мощности.

Области применения: статическая компенсация реактивной мощности, приводы с регулировкой частоты вращения, соединения



высоковольтных систем, высоковольтные линии передачи постоянного и переменного тока

На рис. 2 представлена модель многоуровневого инвертора с диодным зажимом (DC-MLI) и осциллограмма выходного напряжения.

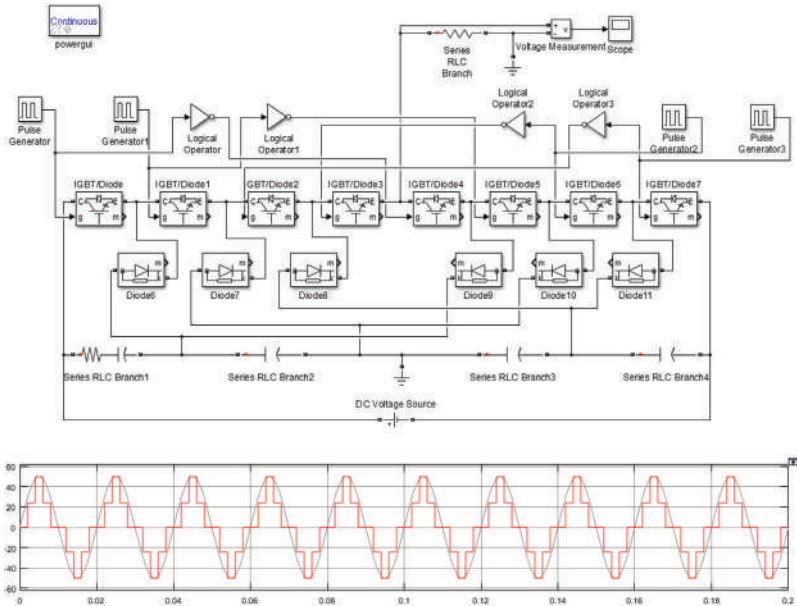


Рис. 2. Компьютерная модель и осциллограмма DC-MLI в MATLAB Simulink

### Многоуровневый инвертор с плавающими конденсаторами (FC-MLI)

Конфигурация этой топологии инвертора очень похожа на предыдущую, за исключением того, что здесь для ограничения напряжения вместо диодов используются конденсаторы. Здесь входные напряжения постоянного тока разделены конденсаторами. Для работы инвертора с плавающими конденсаторами  $k$ -уровня требуется  $(2k - 2)$  коммутационных устройства и  $(k - 1)$  конденсаторов [4]. Аналогично инвертору с диодным зажимом, максимальное

напряжение, которое мы можем получить от него, не может превышать половины входного напряжения. Он может управлять как потоком активной, так и реактивной мощности. Но из-за высокочастотного переключения будут иметь место потери при переключении.

Области применения: управление асинхронными двигателями, статическая компенсация реактивной мощности, выпрямители синусоидального тока. На рис. 3 представлена модель многоуровневого инвертора с плавающими конденсато́рами (FC-MLI) и осциллограмма выходного напряжения.

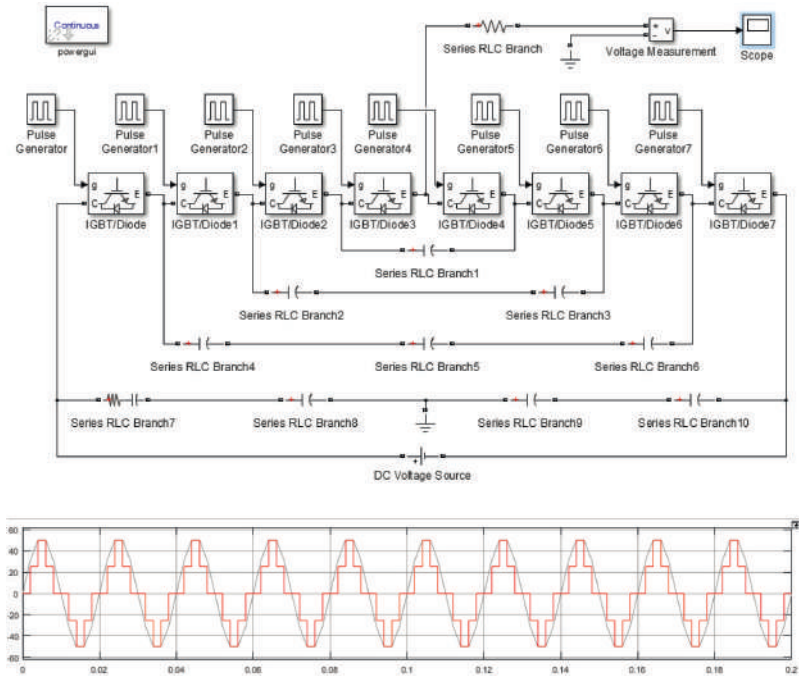


Рис. 3. Компьютерная модель и осциллограмма FC-MLI в MATLAB Simulink

### Многоуровневый инвертор с каскадным H-мостом (СНВ-MLI)

В этом инверторе используется несколько H-мостовых преобразователя, соединенных последовательно, для обеспечения

синусоидального выходного напряжения. Каждая ячейка содержит один H-мост, и выходное напряжение, генерируемое этим многоуровневым инвертором, фактически является суммой всех напряжений, генерируемых каждой ячейкой. Если в многоуровневом инверторе с H-мостом имеется  $k$  ячеек, то количество уровней выходного напряжения будет равно  $2k + 1$  [4]. Этот тип инвертора имеет преимущество перед двумя другими, поскольку для него требуется меньше компонентов по сравнению с двумя другими типами инверторов, и поэтому его общий вес и цена также меньше.

Области применения: приводы двигателей, активные фильтры, приводы для электромобилей, компенсаторы реактивной мощности, взаимодействие с возобновляемыми источниками энергии.

На рис. 4 представлена модель многоуровневого инвертора с каскадным H-мостом (CHB-MLI) и осциллограмма выходного напряжения.

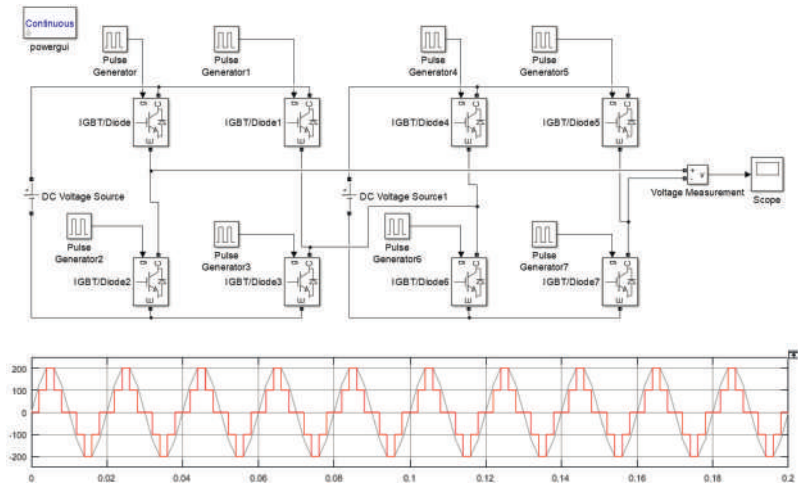


Рис. 4. Компьютерная модель и осциллограмма DC-MLI в MATLAB Simulink

В ходе моделирования и анализа полученных результатов можно сделать вывод, что генерируемый выходной сигнал таких

преобразователей больше соответствует синусоидальной волне и как следствие приводит к снижению электромагнитных помех и повышению качества электроэнергии. Так же стоит отметить, что если увеличить количество уровней в таких преобразователях, то можно добиться еще более высококачественной формы волны, что позволит даже отказаться от пассивных фильтров.

### **Литература**

1. ГОСТ 18311-80. Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий.
2. An Extensive Review of Multilevel Inverters Based on Their Multifaceted Structural Configuration, Triggering Methods and Applications. URL: <https://doi.org/10.3390/electronics9030433> (дата обращения: 25.02.2023).
3. *Krishna R. A., Suresh L. P.* A Brief Review on Multi Level Inverter Topologies. In Proceedings of the 2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), Nagercoil, India, 18–19 March 2016 г. Pp. 1–6.
4. Niralkumar Rakholiya, Rutam Garsodiya, Ajay Virani Multilevel Inverter Topology, IJRST Vol 3 Issue 11, 2017. Pp. 1–5.

УДК 621.31

*Сokolov Александр Николаевич,*  
доцент

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

*Sokolov Aleksandr Nikolaevich,*  
Associate Professor

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

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ОБСЛУЖИВАНИЕ ДОМА В ЧАСТНОМ СЕКТОРЕ

### ELECTRICITY SUPPLY AND HOME MAINTENANCE IN THE PRIVATE SECTOR

Исследована система организации электроснабжения частного дома. Рассмотрены изменения земельного и градостроительного кодекса. Приведены положительные и отрицательные стороны альтернативной электроэнергетики. Произведено сравнение несколько типов аккумуляторных батарей для накопления электроэнергии. Дана общая информация о системе «Умный дом» с исторической справкой. Предложен способ объединения альтернативной электроэнергетики как вспомогательного источника энергии в проекте загородного дома. Рассмотрен способ использования системы «Умный дом» на базе шины KNX. Показано снижение зависимости от центрального электроснабжения частного дома, а также уменьшение потребления электроэнергии с помощью солнечных батарей в спроектированном доме.

*Ключевые слова:* альтернативная энергетика, солнечные батареи, аккумуляторы, умный дом.

The system of organization of power supply of a private house is investigated. Amendments to the land and urban planning code are considered. The positive and negative sides of alternative electric power industry are given. Several types of batteries for the accumulation of electricity have been compared. General information about the “Smart House” system with a historical reference is given. A method of combining alternative electric power as an auxiliary energy source in a country house project is proposed. The method of using the “Smart Home” system based on the KNX bus is considered. It shows a decrease in dependence on the central power supply of a private house, as well as a decrease in electricity consumption using solar panels in a designed house.

*Keywords:* alternative energy, solar panels, batteries, smart home.

После принятия федерального закона 476-ФЗ от 30.12.2021 [1], который вносит поправки в Земельный и Градостроительный кодексы и разрешает строительство домов на землях сельскохозяйственного назначения, доля частного сектора в жилищном строительстве постоянно увеличивается. Однако строительство дома, удаленного от стабильной городской электрической сети, зачастую заставляет прорабатывать электроснабжение индивидуально для каждого домовладельца. Наиболее типичные проблемы в электроснабжении дома связаны с частым отключением электричества в связи с выходом из строя подстанций, обрывом проводов из-за погодных условий, а также ежегодным ростом тарифов.

Самый простой способ обеспечить дом при отключении центрального электроснабжения – это включить генератор на жидком топливе. Но этот способ имеет значительные недостатки, такие как дороговизна топлива, раздражающий шум, невозможность использования генератора в помещении из-за выхлопных газов. Кроме того, генератор, как правило, вырабатывает постоянное напряжение, которое не в полном объеме требуется для электроснабжения.

Дальновидный и последовательный подход к электроснабжению дома подразумевает накопление энергии, чтобы ее отключения не повлияли на спокойное проживание жильцов, а также на работоспособность бытовых приборов. Накопители электроэнергии, как правило, требуют наибольшего объема затрат денежных средств по сравнению с другими описанными элементами, описанными в статье, но при этом могут быть и единственным компонентом дома. Остальные предложенные способы лишь оптимизируют процесс использования электроэнергии в доме.

Накопители электроэнергии бывают самые разные, и проще всего использовать автомобильные свинцово-кислотные аккумуляторы, но это лишь временное решение. Такие аккумуляторы для накопления электроэнергии в частном доме не годятся из-за небольшой глубины разряда и малого количества циклов, при идеальном контроле эксплуатации составляющие немногим больше 1000. Других видов накопителей электроэнергии много, но остановлюсь на одном из них, наиболее подходящем при использовании

солнечных батарей. Это железно-никелевый аккумулятор (NiFe) [2]. В отличие от других типов аккумуляторных батарей это – щелочная батарея, где положительный электрод железный, отрицательный электрод из гидрата окиси никеля, а электролит – концентрированный раствор гидроокиси калия и лития. Такая батарея требует обслуживания, периодического контроля дистиллированной воды раз в месяц и замены электролита раз в 10 лет. Но при должном подходе батарея, по некоторым оценкам, прослужит всю жизнь. Использование аккумуляторных батарей в энергосети дома должно обеспечиваться вместе с контроллером заряда и инвертором, преобразующего постоянный ток в переменный.

Таким образом, накапливая энергию можно не думать о периодических ее отключениях из-за аварий. В зависимости от емкости накопителей можно обеспечить дом энергией на 8 ч или 24 ч. Редко центральное электроснабжение отключается на более длительное время. Кроме того, накапливая энергию в накопителях по ночному тарифу и используя ее днем, мы добьемся экономии денежных средств на ее оплату.

Кроме того, электроэнергию можно запасать, не только используя центральное электроснабжение, но и резервные альтернативные источники, например, солнечную энергию.

В России максимальный потенциал энергии солнца, который можно преобразовать в электрическую энергию, приходится на Северный Кавказ, районы Черного и Каспийского морей, в Южной Сибири и на Дальнем Востоке [3]. В Санкт-Петербурге и Ленинградской области инсоляция находится в пределах 930 кВт·ч на 1 м<sup>2</sup>, что все же позволяет использовать солнечные панели для получения электроэнергии [4]. Солнечные панели можно разместить рядом с домом на территории, на самом доме или же на других постройках около дома. Выбрав тип батарей и расположив их в рабочей зоне объекта, необходимо выполнить подключение через контроллер к аккумуляторным батареям. Накопление электроэнергии будет происходить весь световой день.

Установка солнечных панелей становится все более привлекательной, так как в 2019 году был принят закон об объектах

микрогенерации (471-ФЗ), согласно которому упрощается подключение дома к центральному электроснабжению, а самое главное, появляется возможность продавать излишки электроэнергии обратно в сети по оптовым ценам. Данный факт может сильно сократить срок окупаемости установленного оборудования, особенно если частный дом используется только в летнее время.

Экономии электроэнергии в частном доме сможет повысить установка систем «Умный дом». Это позволит обеспечить полный контроль его функционирования. Впервые дизайнерская концепция объединения разнородных бытовых приборов в единую многофункциональную систему эксплуатации жилого дома будущего «Сфинкс» (суперфункциональная интегрированная коммуникационная система) разработана в СССР в конце восьмидесятых годов прошлого века [5]. В настоящее время макет прототипа пульта управления Сфинкс демонстрируется в Третьяковской галерее, в отделе дизайна.

В последние годы набор элементов «Умного дома» существенно расширился. Управление системой «Умный дом» обычно осуществляется с помощью канала связи посредством шины KNX, который дополняется облачными технологиями. Достаточно воспользоваться интернетом и «Умный дом» будет работать как единый организм, который предоставляет информацию о себе посредством кроссплатформенных технологий на смартфон, планшет или компьютер, находящийся на удалении от объекта.

Система «Умный дом» может контролировать температуру воздуха в помещениях, экономить на освещении, используя логические сценарии в зависимости от времени суток, освещенности в помещении или от настроения жильцов. Удобной возможностью становится введение различных сценариев, позволяющих распределить электроприборы на группы и, в случае отъезда жильцов, оставить лишь ту группу, которая будет поддерживать системы безопасности дома, а ненужные приборы – отключить.

Немаловажной способностью «Умного дома» является дистанционное наблюдение за придомовой территорией, что дает оперативность в реагировании на различные окружающие факторы,



требующие приведения в действие протокола безопасности. Это может быть связь с экстренными службами для их выезда на объект или просто отключение всех систем здания для предотвращения ущерба от пожара или других бедствий.

По результатам исследования создан проект загородного дома. Общий вид дома показан на рисунке 1.

Общая площадь для размещения на верхнем скате крыши солнечных батарей составляет  $120 \text{ м}^2$ . При выборе поликристаллических солнечных батарей 250 Вт Delta SM 280–24P в количестве 12 шт. общей площадью  $19,5 \text{ м}^2$ , получим суммарную генерируемую мощность 18 кВт·ч в пиковый летний сезон и порядка 5 кВт·ч в зимний сезон [6].



Рис. 1. Проект загородного дома с размещенными на нем солнечными батареями

В состав комплекта комбинированной электростанции входит, кроме батарей, комбинированный инвертор SmartWatt есо 5K 48 V 60A MPPT на 5 кВт максимальной мощностью 10 кВт, гелевые аккумуляторы на 200 А·ч DELTA GEL 12–200 в количестве 4 шт., а так же комплект крепежа и детали для подключения.

Подключение производится кабелем ВВГнг 3×4 мм<sup>2</sup>. Схема подключения показана на рис. 2.

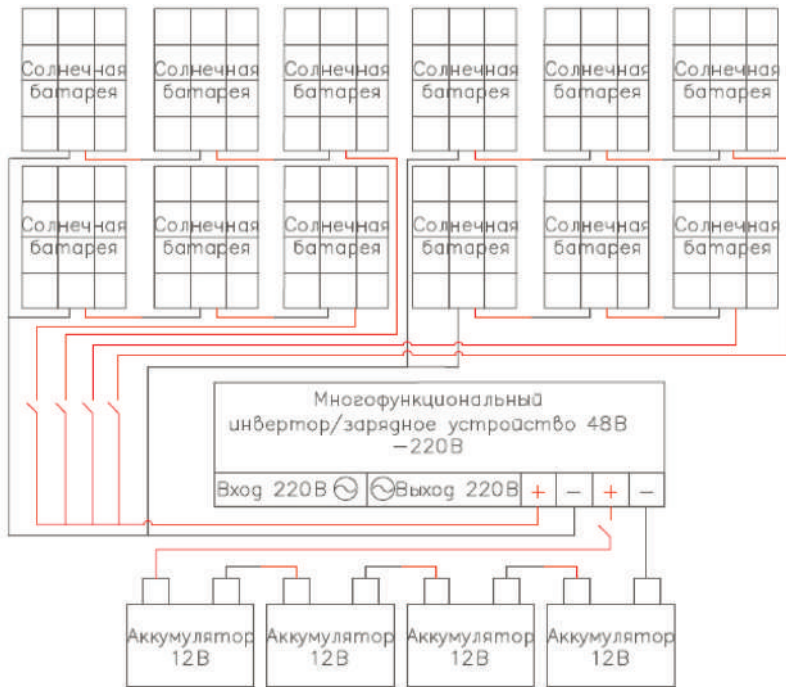


Рис. 2. Схема подключения комплекта солнечных батарей

На входе к многофункциональному инвертору подключается центральное электроснабжение с возможностью переключения на бензиновый генератор мощностью 6,6 кВт DENZEL PS 80 E-3 на случай нехватки электроэнергии в сети дома. А к выходу подключается нагрузка, показанная в таблице.

Кроме того, в составе проекта для обслуживания дома и экономии электроэнергии используется система умного дома с применением облачных технологий. Экономия будет обеспечиваться благодаря оптимизации работы вентиляции, освещения, отопления

(в том случае, если автоматика котла будет подключена к управляющему устройству «Умного дома»). Кроме того, погодозависимая автоматика улучшит сбалансированность систем «Умного дома», отвечающих за микроклимат помещений.

Очевидно, что электроэнергию можно сэкономить за счет оптимизации осветительных приборов в комплекте с датчиками движения и диммирования в зависимости от деятельности жильцов дома.

Внутри дома система «Умный дом» в проекте выполнена на основе шины KNX и показана на рис. 3 [7].

**Нагрузка, используемая в проекте частного дома.  
Летнее время**

Наименование	Мощность	Время работы
Лампы освещения	150 Вт	10 ч/сут
ЖК телевизор	50 Вт	10 ч/сут
Ноутбук	50 Вт	8 ч/сут
Холодильник (300 кВт·ч в год)	35 Вт (300 кВт/365/24 часа)	круглые сутки
Микроволновая печь	800 Вт	0,4 ч/сут
Насос для воды	500 Вт	1 ч/сут
Инструмент	500 Вт	1 ч/сут
Чайник	2000 Вт	0,1 ч/сут
Стиральная машина / посудомоечная машина	3500 Вт	1 ч/сут
Зарядные устройства для телефонов	10 Вт	5 ч/сут
	Итого	7,5 кВт·ч в сутки

Ожидаемое преимущество проекта заключается в наиболее сбалансированном электроснабжении дома и, как следствие, в меньшей

зависимости от центрального электроснабжения. Более удобное, а самое главное безопасное проживание в доме повысит качество жизни. Доступная на кроссплатформенной основе информативность всех систем «Умного дома» позволит осуществлять контроль и тонкую настройку микроклимата помещений.

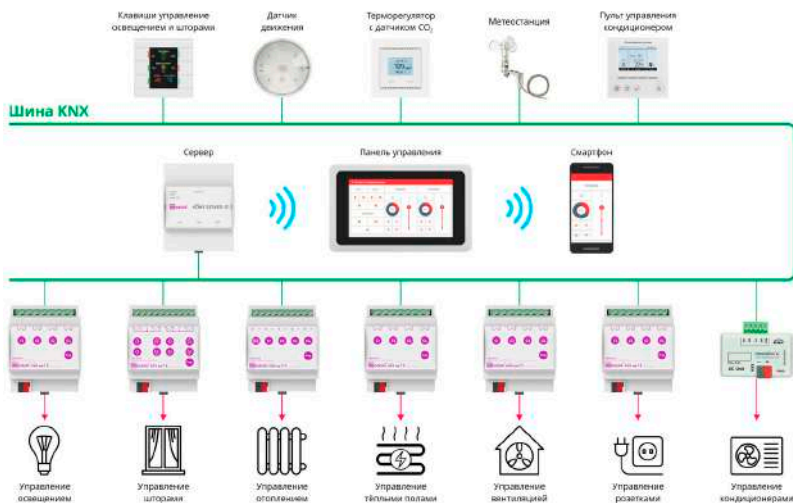


Рис. 3. Схема умного дома KNX

### Литература

1. Федеральный закон от 30.12.2021 № 476-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Какой должен быть идеальный аккумулятор для автономного дома? 29.05.2020 [https://dzen.ru/a/Xs\\_y33kG\\_06cWRjL](https://dzen.ru/a/Xs_y33kG_06cWRjL) (Дата обращения 04.03.2023).
3. Юдаев И. В., Даус Ю. В., Гамага В. В. Возобновляемые источники энергии» (Юдаев, И. В. Возобновляемые источники энергии : учебник для вузов / И. В. Юдаев, Ю. В. Даус, В. В. Гамага. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – ISBN 978-5-8114-9502-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/195537> (дата обращения: 24.02.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – С. 98).
4. Место под солнцем: перспективы солнечной генерации в Ленобласти 21.12.2020 [https://www.dp.ru/a/2020/12/21/Mesto\\_pod\\_solncem](https://www.dp.ru/a/2020/12/21/Mesto_pod_solncem) (Дата обращения 04.03.2023).

5. *Азрикан Д. А.* Перспективная концепция дизайна бытовой радиоэлектроники // *Техническая эстетика*, 1987, № 6. – С. 7–10.
6. Альтернативная энергетика [mywatt.ru](https://mywatt.ru/). <https://mywatt.ru/> (дата обращения 11.03.2023).
7. Умный дом KNX. <https://nikaeng.ru/solutions/apartment/apartment-lowcurrent.html> (дата обращения 12.03.2023).

**УДК 621.039**

*Худяков Илья Сергеевич,*  
аспирант  
(Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р. Е. Алексеева)  
*E-mail: ilya95hudyakov@yandex.ru*

*Khudyakov Ilya Sergeevich,*  
postgraduate student  
(Nizhny Novgorod State  
Technical University  
n.a. R. E. Alekseev)  
*E-mail: ilya95hudyakov@yandex.ru*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕГУЛЯТОРА ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ТУРБОУСТАНОВКИ, ПОДКЛЮЧЕННОЙ К ЭНЕРГОСЕТИ**

### **SIMULATION FOR THE OPERATION OF A TURBINE SPEED CONTROLLER CONNECTED TO THE POWER GRID**

В данной статье отражены основные аспекты работы энергоблоков с реакторами ВВЭР в маневренных режимах работы. В том числе изложены особенности работы энергоблока в маневренных режимах, таких как режим первичного регулирования частоты, вторичное регулирование частоты и режим следования за нагрузкой.

В статье рассмотрен подход к моделированию работы регулятора частоты вращения турбоустановки, подключенной к энергосети в режиме первичного регулирования частоты и вторичного регулирования частоты. Приведена структурная схема модели турбоустановки и сети, а также результаты упрощенного моделирования для случая скачка потребляемой мощности в энергосети. Показана переходная характеристика при стабилизации частоты в сети в режиме первичного регулирования частоты и восстановление частоты до номинального значения в режиме вторичного регулирования.

*Ключевые слова:* маневренные режимы работы, турбина, регулятор, регулирование частоты в сети, АЭС.

This article reflects the main aspects of the operation of power units with VVER reactors in feasibility modes of operation. In particular, the features of the operation of the power unit in feasibility modes, such as the primary frequency control mode, the secondary frequency control and the load following mode, are outlined. The article considers an approach to modeling the operation of the speed controller of a turbine plant connected to the power grid in the mode of primary frequency control and secondary frequency control. A block diagram of the model of a turbine and a net-

work, as well as the results of a simplified simulation for the case of a jump of load in power grid, are presented. The transient response is shown when the frequency in the network is stabilized in the primary frequency control mode and the frequency is restored to the nominal value in the secondary control mode.

*Keywords:* feasibility modes of operation, turbine, governor, network frequency regulation, nuclear power plant.

Как было изложено в [1, 2] нарушение баланса между производимой и потребляемой мощностью в энергосети ведет к отклонению частоты тока относительно номинального значения 50 Гц (Нормальное отклонение частоты переменного тока в электросети в соответствии с ГОСТ 32144-2013 составляет  $\pm 0,2$  Гц, а предельно допустимое  $\pm 0,4$  Гц). Изменение баланса мощности между генераторами и потребителями в энергосистеме приводит к изменению стандартной частоты тока в сети. Если потребляемая мощность становится больше производимой, снижается ток в обмотке статора генератора, что приводит к снижению электромагнитного момента на валу ротора генератора. Увеличившаяся в силу большего механического момента на валу турбины, скорость вращения ротора приведет к увеличению частоты тока генератора при нерегулируемой турбине. В случае регулирования турбины работает регулятор частоты, чтобы поддерживать скорость на постоянном уровне за счет уменьшения расхода рабочего тела через турбину и поддержания баланса мощности. В свою очередь уменьшение производимой мощности может вызвать снижение напряжения и частоты в сети, что неблагоприятно сказывается на работе энергосистемы. В этом случае для поддержания стабильности необходимо регулировать нагрузку на энергосеть путем изменения мощности энергоблоков. Осуществляется это в маневровых режимах, где изменяется расход или параметры рабочего тела через турбину энергоблока.

Для обеспечения стабильной работы энергосети необходимо управлять мощностью энергоблоков в зависимости от изменения нагрузки на энергосеть. Изменения нагрузки могут быть случайными или плановыми. Случайные изменения могут произойти из-за

аварийных отключений, изменений режима работы маломощных бытовых потребителей или крупных потребителей электроэнергии. Для компенсации случайных изменений нагрузки используется режим первичного регулирования частоты (ПРЧ), который позволяет стабилизировать частоту тока. Восстановление номинальной частоты и мощности энергоблоков в режиме ПРЧ может быть выполнено посредством вторичного регулирования частоты (ВРЧ), которое осуществляется изменением мощности специально выделенных энергоблоков. Вторичное регулирование может быть автоматическим или выполнено оператором энергоблока по заданию, согласованному с диспетчером энергосети. Таким образом, управление маневровым режимом является важным аспектом обеспечения устойчивости работы энергосети.

Для наиболее простого моделирования работы турбины и генератора в энергосистеме, необходимо включить регулятор частоты вращения, турбоустановку и энергосистему в модель и охватить ее контуром обратной связи. Обратная связь может быть жесткой или гибкой. Данная модель может быть расширена и дополнена в зависимости от сложности системы и требований к точности моделирования. При использовании жесткой обратной связи, коэффициент усиления регулятора называется статизмом и определяет, как будет изменяться частота при изменении мощности.

Структурная схема модели турбогенератора, включенного в энергосистему представлена на рис. 1.

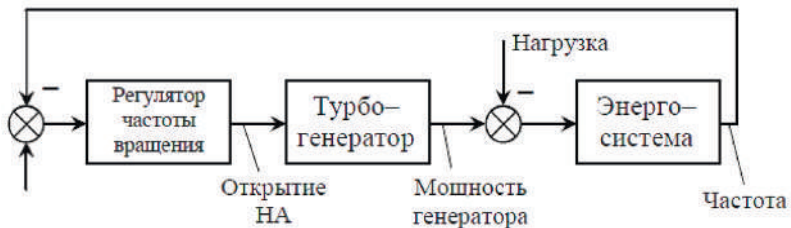


Рис. 1. Структурная схема модели турбогенератора, включенного в энергосистему



На рис. 2 показана упрощенная модель работы турбогенератора в энергосистеме с указанием передаточных функция для каждого из блоков структурной схемы [3, 4].

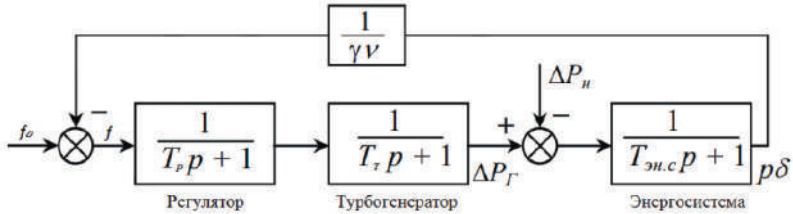


Рис. 2. Математическая модель турбогенератора в энергосистеме

Таким образом при использовании модели показанной на рис. 2 переходный процесс носит явно выраженный колебательный характер. Например, для скачка мощности в сети равного 20 % от электрической мощности энергоблока переходная характеристика в режиме ПРЧ показана на рис. 3.

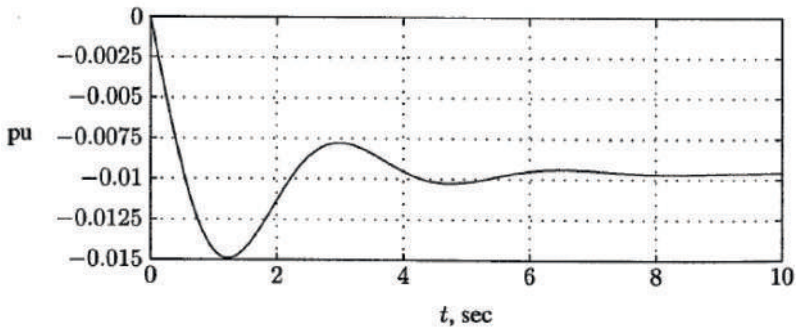


Рис. 3. Переходная характеристика в режиме ПРЧ

При этом при добавлении вторичного регулятора в схему регулирования частота в сети будет восстанавливаться. Переходная характеристика в режиме ВРЧ показана на рис. 4.

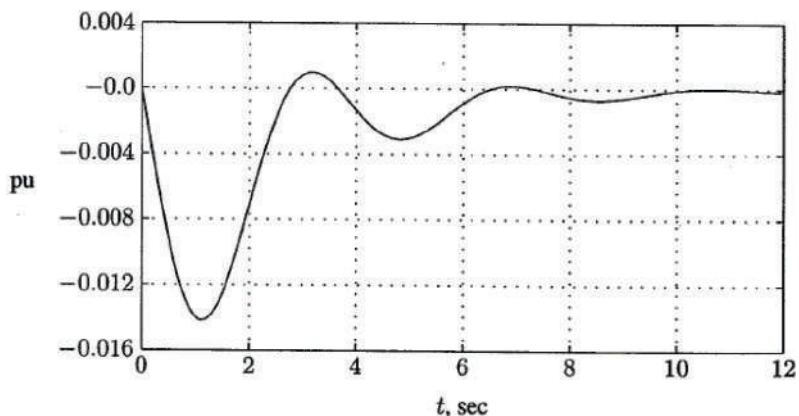


Рис. 4. Переходная характеристика в режиме ВРЧ

#### Литература

1. Худяков И. С., Власичев Г. Н. Обоснование целесообразности работы энергоблока АЭС в маневренных режимах // XIV Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых, Том I Технические и естественные науки, 2020 г. С. 280–282.
2. Худяков И. С., Власичев Г. Н., Ворошилов А. А. Обзор различных программ для моделирования работы АЭС и их применимость для анализа маневренных режимов // Будущее технической науки: сборник материалов XIX Всероссийской молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2020. – С. 79–80.
3. Павлов Г. М., Меркурьев Г. В. Автоматика энергосистем // СПб. : НОУ «Центр подготовки кадров энергетики. 2005 г.
4. Меркурьев Г. В. Устойчивость энергосистем / Г. В. Меркурьев, Ю. М. Шаргин // СПб. : НОУ «Центр под- готовки кадров энергетики» 2008 г. Т. 2. С. 376.

**УДК 621.3.018.3**

*Шатманов Эмиль Айдарович,*

студент

*Шпика Даниил Николаевич,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: emilshatmanov@mail.ru,*

*shpikozik@gmail.com*

*Shatmanov Emil Aidarovich,*

student

*Shpika Daniil Nikolaevich,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: emilshatmanov@mail.ru, shpiko-*

*zik@gmail.com*

## **ИСТОЧНИКИ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

### **HARMONIC SOURCES IN ELECTRICAL SYSTEMS**

Гармоника определяется как «синусоидальная составляющая периодической волны или величины, имеющая частоту, которая является целым кратным основной частоте» [1]. Следовательно, гармоника – это наличие напряжения/тока с частотой, кратной основному напряжению/току в напряжении/токе системы. Например, на рис. 2.1 показана форма сигнала с основной частотой 60 Гц и пятым (300 Гц), седьмым (420 Гц), одиннадцатым (660 Гц) и тринадцатой (780 Гц) гармоники. Существует множество нелинейных нагрузок, получающих несинусоидальные токи от электроэнергетических систем. Эти несинусоидальные токи проходят через различные импедансы в энергосистемах и создают гармоники напряжения. Эти гармоники напряжения распространяются в энергосистемах и влияют на все компоненты энергосистемы. Эти источники гармоник классифицируются следующим образом.

*Ключевые слова:* нелинейные, нагрузки, несинусоидальные, энергосистема, гармоники напряжения.

Harmonic is defined as “a sinusoidal component of a periodic wave or quantity having a frequency that is an integral multiple of the fundamental frequency” [1]. Therefore, harmonic is the presence of voltage/current with the frequency of a multiple of fundamental voltage/current in the voltage/current of the system. For example, Figure 2.1 shows a waveform with 60 Hz fundamental frequency and fifth (300 Hz), seventh (420 Hz), eleventh (660 Hz), and thirteenth (780 Hz) harmonics. There are many nonlinear loads drawing nonsinusoidal currents from electrical power systems. These nonsinusoidal currents pass through different impedances in the power systems and produce voltage harmonics. These voltage harmonics propagate in power systems and affect all of the power system components. These harmonic sources are classified as follows.

*Keywords:* nonlinear, loads, non-sinusoidal, power system, voltage harmonics.

1. Люминесцентные лампы.

На рис. 1 [1] показан входной ток типичной люминесцентной лампы. Количество гармоник № 3, 5, 7 и 9 высокие. Результаты эксперимента Лью [2] показывают максимальное и минимальное значение  $h$  как представлено в таблице 1. Подробное экспериментальное исследование гармонических искажений и коэффициента мощности энергоэффективных ламп было представлено Этезиди-Амоли и Флоренцией.

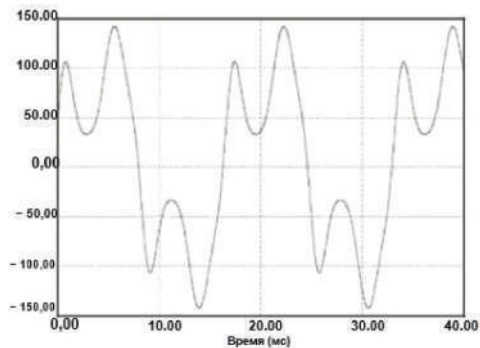


Рис. 1. Входной ток обычной люминесцентной лампы

Таблица 1

**Максимальное и минимальное содержание гармоник типичного тока люминесцентной лампы**

Гармонический номер	Макс, %	Мин, %
1	100	100
3	63,4	42,9
5	8,9	8,3
7	10,4	6,4
9	3	0,56

## 2. Переключение источников питания.

На рис. 2 [1] показан типичный входной ток компьютерного блока питания и спектр его гармоник. Другие небольшие электронные устройства, такие как телевизоры, кондиционеры, лазерные принтеры и ксероксы, имеют аналогичные формы входного тока. Хотя входной ток и мощность этих систем невелики по сравнению с устройствами энергосистемы, они широко используются и их можно найти повсюду; поэтому сумма их гармоник приводит к высоким гармоническим искажениям линейных токов [3].

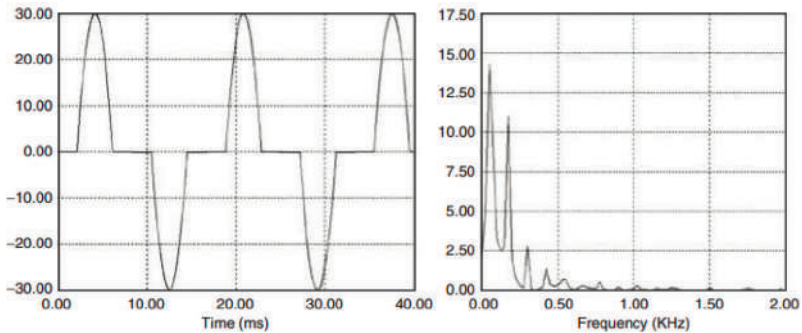


Рис. 2. Входной ток типичного блока питания компьютера и его спектр гармоник

## 3. Электрическая печь.

Электропечь является одним из мощных устройств с высокими гармоническими искажениями в электроэнергетических системах. В самом деле, когда печь плавит новый стальной лом, ее ток не является периодическим и даже имеет нецелый порядок гармоник [4].

Рис. 3 [1] показывает входной ток типичной электропечи и его спектр гармоник. Высокие пятая и седьмая гармоники вызывают большие искажения входного тока [5]. Поэтому на входе этих систем используются устройства подавления гармоник.

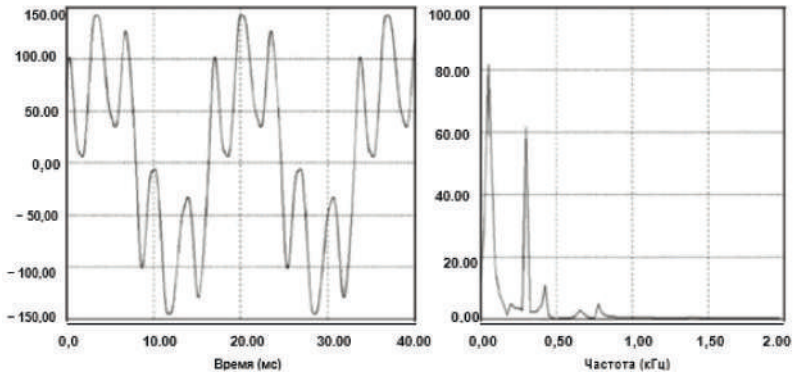


Рис. 3. Входной ток типичной электропечи и его гармонический спектр

#### 4. Высоковольтные системы постоянного тока.

Системы постоянного тока высокого напряжения (HVDC) используются для передачи большой мощности на большие расстояния. Обычно в системах HVDC для преобразования переменного тока в постоянный используются 12-пульсные выпрямители. При использовании 12-импульсного инвертора на стороне переменного тока мы имеем гармоники порядка 12-1 ( $n-1, 2, 3, \dots$ ). Основные гармонические составляющие имеют порядок 11 и 13. Табл. 2 показывает текущее содержание гармоник на стороне переменного тока в точке Дикинсона около 400 кВ, 1000 МВт CU HVDC системе передач [5]. Форма сигнала переменного тока типичной системы HVDC и спектр его гармоник показаны на рис. 4 [1].

Таблица 2

Содержание гармоник тока в системе Дикинсона HVDC

Гармонический порядок	11	13	23	25	35	37	47	49
Ток (А)	119	70	18	13	7	6	4	4

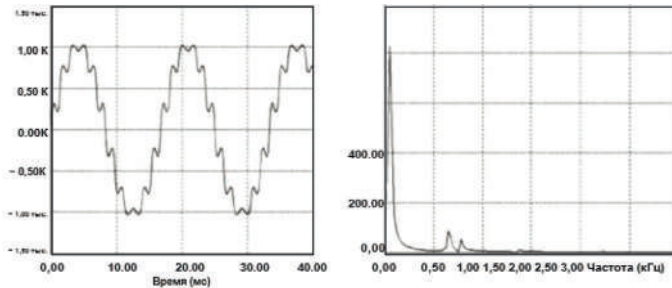


Рис. 4. Ток на стороне переменного тока типичной системы HVDC и его спектр гармоник

На стороне постоянного тока присутствуют гармоники порядка  $12n$  ( $n-1, 2, 3\dots$ ). Их амплитуды также значительно выше.

#### 5. Другие нагрузки, создающие гармоники.

Почти каждое устройство, использующее силовые электронные компоненты, такие как возобновляемые системы выработки электроэнергии, электронные нагрузки с фазовым регулированием и приводы с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), также создают гармоники.

#### Литература

1. *Emadi A., Nasiri A., Bekiarov Stoyan B.* Uninterruptible power supplies and active filters/ Emadi A., Nasiri A., Bekiarov Stoyan B.- Illinois Institute of Technology Electrical and Computer Engineering Department Chicago, IL. 2005. V. 33., by CRC Press LLC.
2. *Лью А. С.* Чрезмерные токи нейтрали в трехфазных системах люминесцентного освещения / Лью, А. С. // Транзакции по отраслевым приложениям. – 2005 г. – 25 (4), 776–782, 198.
3. *Грузс Т. М.* Исследование тока нейтрали в трехфазных компьютерных системах питания / Грузс Т. М. // Транзакции по отраслевым приложениям. – 2005. – 26 (4), 719–725, 1990.
4. Рекомендуемые методы и требования к гармоническому регулированию в системах электроснабжения, стандарт IEEE 519, 1992.
5. *Субджак Дж. С., Маккуилин Дж. С.* Гармоники – причины и следствия, измерения и анализ: обновление/Субджак Дж.С., Маккуилин Дж. С. // Транзакции по отраслевым приложениям. – 2005. – 26 (6), 1034–1042, 1990 г.
6. *Вонг К. и Мохан Н.* Технично-экономическое обоснование боковых активных фильтров переменного и постоянного тока для преобразователя HVDC/ Вонг К., Мохан Н. // Операции по поставке электроэнергии, – 1989. – 4, 2067–2075.

**УДК 621.311.6**

*Шпика Даниил Николаевич,*

студент

*Рамазанова Екатерина Робертовна,*

студент

*Шатманов Эмиль Айдарович,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: shpikozik@gmail.com,*

*ramakat@mail.ru,*

*emilshatmanov@mail.ru*

*Shpika Daniil Nikolaevich,*

student

*Ramazanova Ekaterina Robertovna,*

student

*Shatmanov Emil Aidarovich,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: shpikozik@gmail.com,*

*ramakat@mail.ru,*

*emilshatmanov@mail.ru*

## **СИСТЕМЫ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ (СБП): ОБЗОР, КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ**

### **UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS) SYSTEMS: OVERVIEW, CLASSIFICATION, AND FEATURES**

В данной статье рассмотрены системы бесперебойного питания (СБП), их классификация на статические, вращающиеся и гибридные статические/вращающиеся типы, а также особенности оптимальной СБП. Описаны недавние достижения в технологии СБП, такие как разработка более эффективных и экологически чистых источников питания, интеллектуальное управление зарядными устройствами, а также стратегии снижения затрат на эксплуатацию и обслуживание СБП. Также обсуждаются перспективные направления развития СБП, направленные на повышение надежности и эффективности систем питания, уменьшение воздействия на окружающую среду и обеспечение бесперебойного электропитания критически важных объектов.

*Ключевые слова:* система бесперебойного питания, СБП, статическая СБП, вращающаяся СБП, гибридная статическая/вращающаяся СБП, регулирование электропитания, мощностная электроника, снижение затрат.

This article discusses uninterruptible power supply (UPS) systems, their classification into static, rotating, and hybrid static/rotating types, as well as the features of optimal UPS. Recent technological advancements in UPS technology are described, such as the development of more efficient and environmentally friendly power sources, intelligent management of charging devices, and strategies to reduce operating and maintenance costs of UPS. The article also discusses promising directions for the development of UPS, aimed at increasing the reliability and efficiency



of power supply systems, reducing the impact on the environment, and providing uninterrupted power supply to critical facilities.

*Keywords:* uninterruptible power supply, UPS, static UPS, rotary UPS, hybrid static/rotary UPS, power conditioning, power electronics, cost reduction.

Системы бесперебойного питания (СБП) обеспечивают непрерывное и качественное питание критически важных нагрузок и защищают их от сбоев питания, перенапряжения и недостаточного напряжения. Они также подавляют линейные переходные процессы и гармонические искажения. Такие системы применяются в различных областях, включая медицинские учреждения, хранение данных, аварийное оборудование, телекоммуникации и промышленное производство.

Оптимальная СБП должна обеспечивать непрерывность подачи электропитания и выполнять функции электронной коррекции электропитания для конкретного применения. Она должна иметь регулируемое синусоидальное выходное напряжение с низким общим искажением гармонических составляющих (КГИ), независимо от изменений входного напряжения или нагрузки, линейной или нелинейной, сбалансированной или несбалансированной. Она также должна работать в режиме онлайн, с нулевым временем переключения между нормальным и резервным режимами, и иметь низкий КГИ, синусоидальный входной ток и коэффициент мощности равный единице [1]. Другие ключевые характеристики включают высокую надежность, резервирование, высокую эффективность, низкий уровень ЭМИ и акустический шум, электрическую изоляцию батареи, выхода и входа, низкие затраты на обслуживание, малый вес и компактный размер.

Новые топологии и стратегии управления системами бесперебойного питания (СБП), направленные на улучшение производительности и расширение областей применения при снижении затрат, были разработаны в связи с последними достижениями в области силовой электроники. Исследователи сосредоточились на снижении количества переключателей для сокращения затрат, причем диоды являются более экономически эффективным вариантом по

сравнению с активными переключателями, такими как БТИЗ, МОП и тиристоры. Также были разработаны топологии с переключателями, характеризующимися более низким напряжением обратной полярности и токовой нагрузкой, что привело к снижению затрат и повышению эффективности.

### Классификация

В этом разделе мы рассмотрим три основных категории систем бесперебойного питания (СБП): статические, вращающиеся и гибридные статические/вращающиеся.

Статические СБП широко используются и имеют широкий диапазон применения, от персональных компьютеров низкой мощности до высокомощных систем общего назначения. Они являются высокоэффективными и надежными с низким КГИ, но имеют проблемы с нелинейными и несбалансированными нагрузками, а достижение высокой надежности может быть затратным (рис. 1). Существует три основных типа статических СБП: схемы онлайн, оффлайн и линейно-интерактивные конфигурации [2].



Рис. 1. Блок-схема статического СБП

Конструкция вращающегося СБП включает в себя двигатель переменного тока, генератор постоянного тока, генератор переменного тока и аккумуляторную батарею (рис. 2). В нормальном режиме работы переменный ток питает двигатель переменного тока, который приводит в действие генератор постоянного тока. Последующий постоянный ток питает генератор переменного тока, который в свою очередь обеспечивает нагрузку. В режиме хранения энергии аккумуляторная батарея питает генератор постоянного тока, который приводит в действие генератор переменного тока.

Вращающиеся ИБП более надежны, чем статические ИБП, однако они занимают больше места и требуют большего обслуживания. Они предпочтительны в высокоэнергетических приложениях благодаря их способности к переходным перегрузкам на 300–600 % от полной нагрузки для быстрого устранения неисправностей [3]. Вращающиеся СБП обладают хорошей производительностью с нелинейными нагрузками из-за низкого выходного импеданса, низкого КГИ входного тока и низких помех.

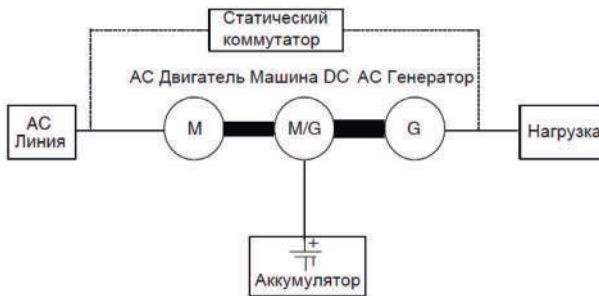


Рис. 2. Блок-схема вращающегося СБП

Гибридные статические/вращающиеся системы бесперебойного питания объединяют в себе преимущества статических и вращающихся систем. Они имеют низкий выходной импеданс, высокую надежность, отличную частотную стабильность и низкие затраты на обслуживание благодаря отсутствию механического коммутатора. Они состоят из двунаправленного переменного/постоянного преобразователя, двигателя переменного тока, генератора переменного тока, аккумулятора и статического переключателя (рис. 3). Во время нормальной работы двигатель переменного тока питается от линии переменного тока и приводит в действие генератор переменного тока, который обеспечивает нагрузку. Двунаправленный преобразователь заряжает батарею [4]. В режиме сохраненной энергии инвертор обеспечивает генератор переменного тока от аккумулятора через двигатель переменного тока, а генератор обеспечивает нагрузку. Когда происходит внутренний сбой, включается

статический переключатель, и нагрузка питается непосредственно от линии переменного тока. Однако переход не является бесперебойным, так как линия переменного тока и выходное напряжение не синхронизированы. Гибридные системы бесперебойного питания имеют преимущества перед статическими системами, включая низкий выходной импеданс, низкое КГИ с нелинейными нагрузками, более высокую надежность и лучшую изоляцию. Они широко используются в очень мощных приложениях.

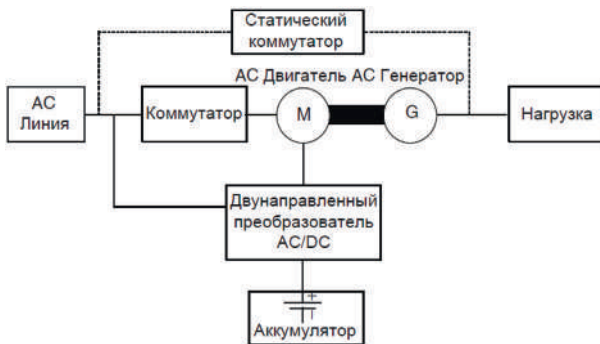


Рис. 3. Блок-схема гибридного СБП

### Аккумуляторные батареи для СБП

Надежность и доступность являются ключевыми аспектами систем СБП, а компонент, оказывающий наибольшее влияние на эти характеристики – это аккумулятор. В случае отключения сети переменного тока аккумуляторы должны обеспечить питание нагрузки, и, если они не смогут этого сделать, весь СБП не сможет работать, независимо от качества конструкции силовой электроники. Кроме того, из-за их веса и размера, аккумуляторы часто определяют местоположение систем СБП. Во многих случаях аккумуляторы являются значительной стоимостной составляющей общей системы [5].

### Характеристики аккумуляторных батарей для СБП

Для СВАК-аккумуляторов, предназначенных для применения в СБП, критическим критерием является способность обеспечивать

высокий ток короткой длительности, так как время резервного питания для СБП обычно невелико, колеблется от нескольких секунд до часа, при типичном времени работы в районе 15 минут. Есть два основных отличия между типичными СВАК-аккумуляторами и теми, которые предназначены для использования в ИБП.

Во-первых, для обеспечения более высокого тока в течение короткого времени, аккумуляторы, разработанные для ИБП, требуют более активной поверхности, что требует большего количества более тонких пластин.

Во-вторых, для СБП-аккумуляторов необходимо иметь более низкое внутреннее сопротивление для передачи более высоких токов с меньшими потерями. Для достижения этого производители аккумуляторов удаляют стеклянную матрицу, окружающую положительную пластину и заменяют ее активным материалом, интегрированным с волокнами, что приводит к снижению импеданса аккумулятора [6].

Кроме того, конструкторы используют более крупные и тяжелые проводники тока для переноса более высоких токов.

### **Проблематика**

Снижение внутреннего сопротивления аккумуляторов может иметь отрицательные последствия. Удаление стекловолоконной материи приводит к большему осаждению оксида свинца и низкому внутреннему сопротивлению, что вызывает проблемы с пульсациями постоянного и переменного тока в напряжении батареи. Пульсации постоянного тока повышают температуру аккумулятора, сокращая его срок службы на 10% за каждый градус Цельсия. Пульсации переменного тока, классифицируемые как разрядные и неразрядные, оказывают отрицательное воздействие на температуру аккумулятора и уровень заряда.

Неразрядные пульсации переменного тока повышают температуру аккумулятора, тогда как разрядные пульсации переменного тока вызывают постепенное снижение емкости из-за частотного мелкого циклирования. Этот процесс приводит к преждевременному выходу аккумулятора из строя из-за низкого качества электропитания.

### Методы заряда

Для СВАК, разработанных для использования в ИБП, используется метод плавающего заряда, который может быть комбинацией постоянного тока (ПТ) или постоянного напряжения (ПН). Режим ПТ используется, когда напряжение батареи низкое, а затем переключается на режим ПН, когда напряжение батареи быстро растет, чтобы предотвратить газообразование. Однако этот метод сложно реализовать, потому что избыточное напряжение неравномерно распределено между ячейками и имеет различные эффекты на положительные и отрицательные пластины. Для решения этой проблемы был предложен метод прерывистой зарядки (ПЗ). ПЗ заряжает батарею избыточным напряжением более 100 мВ на короткий промежуток времени, а затем отключает процесс до тех пор, пока батарея не выключится на более длительный период времени. Этот метод гарантирует правильную поляризацию обеих пластин, и избыточное напряжение не является кратковременным. Существуют два типа методов ПЗ: метод зарядки по времени и метод зарядки по триггерному напряжению [7].



Рис. 4. Метод заряда ПТ/ПН

### Категории отказов

Отказы аккумуляторных батарей могут быть разделены на три категории: высокое сопротивление, низкое сопротивление и ухудшение емкости. Отказы с высоким сопротивлением происходят из-за коррозии пластин, плохого контакта между активным материалом на пластинах или низкой плотности кислоты. Отказы с низким

сопротивлением возникают в результате короткого замыкания пластин. Отказы ухудшения емкости вызваны глубоким разрядом, частым использованием, высокой температурой или пересыханием.

### **Мониторинг**

Мониторинг аккумуляторных батарей с жидким электролитом осуществляется простыми методами, используя ячеечное напряжение, плотность кислоты и уровень воды. Однако, мониторинг СВАК является сложным, поскольку отдельные ячейки не доступны. Существуют три основных метода мониторинга СВАК: на основе напряжения, на основе тока и на основе импеданса. Метод на основе напряжения использует таблицы для обнаружения отклонений во время разрядного режима, но не может обнаружить ухудшение емкости. Метод на основе тока использует ток зарядки или разрядки как источник информации, но подвержен искажениям из-за изменений тока зарядки при старении, температуре и примененном напряжении ячейки. Метод на основе импеданса измеряет соотношение между напряжением и током, используя малые или большие сигналы, что не является надежным и подвержено искажениям [8]. В настоящее время не существует высоко надежного метода мониторинга СВАК, что делает его важной областью исследований для обеспечения надежности и доступности всей системы ИБП.

### **Заключение**

На основании данной статьи можно сделать вывод, что системы бесперебойного питания являются важным элементом обеспечения бесперебойной работы критически важных объектов. В статье была рассмотрена классификация СБП на статические, вращающиеся и гибридные статические/вращающиеся типы, а также особенности оптимальной СБП. Были описаны недавние достижения в технологии СБП, такие как разработка более эффективных и экологически чистых источников питания, интеллектуальное управление зарядными устройствами, а также стратегии снижения затрат на эксплуатацию и обслуживание СБП. Также обсуждались перспективные направления развития СБП, направленные на повышение надежности и эффективности систем питания, уменьшение

воздействия на окружающую среду и обеспечение бесперебойного электропитания критически важных объектов. Дальнейшее развитие технологии СБП важно для обеспечения стабильности работы систем, особенно в условиях повышенных требований к надежности и эффективности энергоснабжения.

### Литература

1. *Горелов В. И.* Системы бесперебойного питания. / В. И. Горелов. – Москва : Машиностроение, 2002. – 288 с.
2. *Che W., Zhao J., & Jiang J.* A review of battery energy storage system for uninterruptible power supply application: Issues and challenges. *Journal of Energy Storage*, 2019, 24, 100794.
3. *Wu Y., Liu H., & Liu J.* A review of state-of-the-art battery chargers for standby uninterruptible power supplies. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2017, 32(6), Pp. 4326–4339.
4. *Тяпкин В. Ф.* Системы бесперебойного питания. / В. Ф. Тяпкин – Москва : Техносфера, 2006. – 256 с.
5. *Угольников Д. В.* Системы бесперебойного питания электроэнергетических установок: Учебник для вузов. / Д. В. Угольников – Москва : Издательский дом «Энергоатомиздат», 2014. – 288 с.
6. *Лескова Е. В.* Бесперебойное питание. Устройства и системы: Учебное пособие / Е. В. Лескова, В. Н. Лоскутова. – Москва : Издательский дом «Энергия», 2009. – 352 с.
7. *Lin Y., & Liu F.* A review of energy storage technology used in uninterruptible power supply systems. *IET Power Electronics*, 2017, 10(10), – С. 1185–1196.
8. *Gharaei A., & Kowsari R.* Uninterruptible power supply: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 73, 1211–1221.



## Содержание

### Секция водопользования и экологии

<i>Торопов М. Н., Бегунов П. П., Неслер С. И. Новичков И. В.</i> Снижение потребления питьевой воды в городах – это уменьшение долговечности канализационных труб и увеличение расходов . . . . .	3
<i>Сапожников Ф. В., Васильев Н. В., Селиванов А. С., Калинина О. Ю.</i> Применение малосоленой воды Финского залива с добавкой энергента для промывки канализации и защиты труб от биогенной коррозии . . . . .	7
<i>Сапожников Ф. В., Кондарь Д. В., Удалов А. А., Полухин А. А., Любимов И. В.</i> Эксперименты с применением энергетического метода для защиты материалов от биокоррозии в морской воде . . . . .	11
<i>Торопов М. Н., Селиванов А. С., Васильев Н. В., Бегунов П. П., Савин В. Ю.</i> Использование перспективного метода водоподготовки ЭМВ в сетях водо-теплоснабжения коммунального хозяйства. . . . .	16
<i>Дмитриева К. Г.</i> Переработка осадка производственных сточных вод бумажных фабрик с получением углеродного адсорбента для очистки воды. . . . .	26
<i>Кляус А. М.</i> Анализ систем гидросмыва осадка в приемных резервуарах канализационных насосных станций . . . . .	32
<i>Кудрявцев А. В., Черников Н. А.</i> Автоматизированный расчет главных сооружений для очистки бытовых сточных вод . . . . .	35
<i>Лю Хао, Фёдоров С. В.</i> Численное моделирование шахты со спиральным лотком . . . . .	45

<i>Новичков И. В., Черников Н. А.</i> Автоматизированный расчет главной канализационной насосной станции . . . . .	50
<i>Твардовская Е. А., Неслер С. И., Ильченко А. А., Кошелева А. Я., Терехов Л. Д.</i> Снижение степени подогрева воды при работе водовода в режиме внутритрубного обледенения . . . . .	60
<i>Беляева Д. А.</i> Оценка эффективности ионизации серебра как способа обеззараживания воды в плавательных бассейнах . . . . .	67
<i>Смирнов В. А., Главчук С. А.</i> Новые технологии гибкого управления процессами очистки воды . . . . .	73
<i>Юй Шуайсянь, Федоров С. В.</i> Исследование двухуровневого тонкослойного модуля для очистки сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности . . . . .	79
<i>Чжан Ифэй</i> Использование моделирования ANSYS для проверки новой конструкции перепадной шахты. . . . .	86

## **Секция геодезии и землеустройства**

<i>Аверина В. В., Соколов В. В.</i> Практика предоставления земельных участков из государственной и муниципальной собственности в субъектах Российской Федерации . . . . .	92
<i>Буряк Е. В., Волков А. В.</i> К вопросу о геодезической подготовке в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете. . . . .	101

<i>Акатьев К. Е.</i> Паспортизация монументальных мемориальных сооружений фотограмметрическим способом . . . . .	108
<i>Дьячкова И. С., Павликова М. С.</i> Анализ значимых ценообразующих факторов в методе сравнительных продаж на примере «золотого квадрата» г. Всеволожска . . . . .	116
<i>Заболотная Е. Е.</i> Влияние сервитутов на земельные отношения . . . . .	124
<i>Кузьминова К. А.</i> Разработка расширенного классификатора для группировки объектов культурного наследия при кадастровой оценке . . . . .	128
<i>Моисеенкова С. А., Волков Н. В.</i> Особенности учета ценообразующих факторов в ходе проведения государственной кадастровой оценки. . . . .	135
<i>Рыкова А. А., Волков Н. В.</i> Проблемы отбора ценообразующих факторов для создания моделей кадастровой стоимости . . . . .	142
<i>Валиахметова Э. Р., Скачкова М. Е.</i> Адаптивное повторное использование объектов промышленной архитектуры, имеющих историко-культурный потенциал. . . . .	149
<i>Чобит Т. П., Волков Н. В.</i> Возмещение при временном занятии земельных участков. . . . .	156
<i>Янушанец А. Р.</i> К вопросу о государственной кадастровой оценке объектов незавершенного строительства . . . . .	165

### **Секция теплогазоснабжения и вентиляции**

<i>Абдуллина А. А., Салахова Э. И.</i> Разработка сепарационного устройства для эффективной аспирации вентиляционных систем . . . . .	171
--	-----

<i>Аникин А. С.</i> Системы снеготаяния для покрытий зданий . . . . .	175
<i>Щекалев Н. А.</i> Создание комфортных условий на рабочих местах при персональной вентиляции. . . . .	180
<i>Артемьева В. Д.</i> Моделирование воздухораспределения в универсальном спортивном зале в программе STAR-CCM+ . . . . .	186
<i>Ахремчик О. Л.</i> Сообщения на мнемосхемах системы автоматизации сети горячего водоснабжения . . . . .	192
<i>Бабакехян А. В.</i> Особенности проектирования систем водяного отопления с потолочными излучающими панелями . . . . .	197
<i>Дмитриев Ю. А.</i> Численное исследование теплового режима различных типов серверного оборудования. . . . .	203
<i>Жуковский Е. М.</i> Оценка воздействия на окружающую среду автомобильной дороги с разнопрочной дорожной одеждой . . . .	210
<i>Заборщикова Л. И., Орлова П. С., Филиппова М. Р., Лазурина М. А.</i> Влияние антропогенной деятельности на изменение климата. . . . .	214
<i>Карпова Ю. А.</i> Методика теплового расчета систем водяного отопления . . . .	222
<i>Летягина А. А.</i> Перспективы применения угольного газа как альтернативного источника энергии в Российской Федерации . . . . .	232
<i>Насырова И. И., Зинуров В. Э.</i> Применение сепаратора с соосно расположенными трубами в вентиляционных шахтах . . . . .	238

---

<i>Яковлев Д. С., Осипова Н. Н.</i> Влияние непрерывного газопотребления объекта на изменение температуры жидкой фазы и паропроизводительность подземного резервуара сжиженного углеводородного газа . . . . .	243
<i>Рафальская Т. А., Дрепина К. А.</i> Аналитическое решение уравнения теплопроводности для определения времени остывания помещений при отключении теплоснабжения . . . . .	255
<i>Рогачев Е. А.</i> Применение внутривольных конвекторов с естественной конвекцией у наружного остекления . . . . .	263
<i>Спиридонова А. М.</i> Моделирование вентиляции термokonстантного помещения . . . . .	269
<i>Семенов А. А.</i> Особенности применения перемешивающей и вытесняющей вентиляции на примере спортивного зала с трибунами для зрителей в режиме тренировки. . . . .	276
<i>Леонова А. П.</i> Местная вытяжная вентиляция при ручной пайке электронной аппаратуры . . . . .	289
<i>Тихонов Н. С., Эккерт А. А.</i> Утилизация теплоты сточных вод в жилых зданиях . . . . .	293
<i>Шучалин Ф. П.</i> Особенности применения различных видов систем отопления в индивидуальном жилом доме . . . . .	299
<i>Суханов К. О., Анишукoва Е. А.</i> Проектирование инженерных систем в программном комплексе Renga. . . . .	305

## Секция электроэнергетики и электротехники

<i>Антонов В. А., Арефьев Н. Е.</i> Применение искусственного интеллекта в управлении электрическими системами . . . . .	312
<i>Арефьев Н. Е., Антонов В. А., Хомидов М. М.</i> Анализ и реализация многоуровневых инверторов напряжения . . . . .	318
<i>Соколов А. Н.</i> Электроснабжение и обслуживание дома в частном секторе . . . . .	325
<i>Худяков И. С.</i> Моделирование работы регулятора частоты вращения турбоустановки, подключенной к энергосети . . . . .	334
<i>Шатманов Э. А., Шпика Д. Н.</i> Источники гармоник в электрических системах . . . . .	339
<i>Шпика Д. Н., Рамазанова Е. Р., Шатманов Э. А.</i> Системы бесперебойного питания (СБП): обзор, классификация и особенности . . . . .	344

Научное издание

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ  
И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Материалы Национальной (всероссийской)  
научно-практической конференции

20–24 марта 2023 г.

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 20.08.2023. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 21,0. Тираж 300 экз. Заказ 108. «С» 64.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ