



ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Материалы III Региональной научно-практической
конференции – магистерские слушания

15–19 марта 2021 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2021

2021

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Материалы III Региональной научно-практической
конференции – магистерские слушания

15–19 марта 2021 года

Санкт-Петербург
2021

УДК 69(063)

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент *Моргунов Константин Петрович*
(ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С. О. Макарова»);

канд. техн. наук *Малков Антон Владимирович*
(СПб ГКУ «Курортный лесопарк»)

Инженерные системы и городское хозяйство : материалы
III Региональной научно-практической конференции – магистерские
слушания [15–19 марта 2021 года] ; Санкт-Петербургский государ-
ственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Пе-
тербург, 2021. – 290 с. – (Сер.: «Инженерные системы и городское
хозяйство»). – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1133-3

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

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

д-р экон. наук, профессор *И. В. Дроздова* (председатель);
канд. техн. наук, доцент *И. И. Суханова* (заместитель председателя);

канд. техн. наук, доцент *А. В. Волков*;

канд. техн. наук, доцент *М. Н. Барашев*;

канд. техн. наук, доцент *А. В. Кудрявцев*;

канд. физ.-мат. наук, доцент *Н. С. Пономарев*;

канд. техн. наук, доцент *В. В. Резниченко*;

канд. техн. наук, доцент *С. В. Федоров* (ответственный редактор)

ISBN 978-5-9227-1133-3

© Авторы статей, 2021

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2021

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

УДК 628.2

Кирилл Красимиров Ангелов,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
Виталий Викторович Моров,
студент
(Государственный университет
морского и речного флота
имени адмирала С. О. Макарова)
E-mail: kirillangelov12@gmail.com,
warz1986@gmail.com

Kirill Krasimirov Angelov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering);
Vitalij Viktorovich Morov,
student
(Admiral Makarov State
University of Maritime
and Inland Shipping)
E-mail: kirillangelov12@gmail.com,
warz1986@gmail.com

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПРИТОКА СТОЧНЫХ ВОД НА РАБОТУ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

IMPACT OF UNEVEN SEWAGE INFLOWS ON THE WORK OF WASTEWATER TREATMENT FACILITIES OF SEWERAGE SYSTEMS

В данной статье производится анализ и оценка неравномерности поступления сточных вод на канализационные очистные сооружения, рассматривается влияние неравномерности на эффективность очистки сточных вод. Обосновывается актуальность проблемы при современном проектировании. Рассмотрены результаты исследований по данной проблеме. Также в статье анализируется способность рекомендованных нормативной литературой расчетов эффективно учитывать влияние неравномерности притока сточных вод на канализационные очистные сооружения. В том числе рассматривается общий коэффициент неравномерности и его роль в расчетах. В результате ставятся актуальные цели и задачи об исследовании неравномерности притока сточных вод на КОС.

Ключевые слова: неравномерность притока, системы водоотведения, эффективность очистки сточных вод, очистные сооружения, коэффициент неравномерности.

This article analyses and evaluates the uneven flow of wastewater on sewage treatment facilities, examines the effect of unevenness on the efficiency of wastewater treatment. The urgency of the problem in modern design is grounded. The article also analyzes the ability of the calculations recommended by the regulatory literature to effectively take into account the effect of uneven wastewater flow on treatment facilities. Including the general coefficient of unevenness and its role in the calculations. The results of research on this problem are considered. As a result, actual goals and objectives are set for the study of the uneven flow of wastewater to the wastewater treatment facilities.

Keywords: uneven inflow, sewerage systems, wastewater treatment efficiency, treatment facilities, coefficient of unevenness.

Неравномерность поступления бытовых сточных вод в систему водоотведения и как следствие на канализационные очистные сооружения является особенностью эксплуатации и функционирования водоотводящих городских систем. Недостаточная степень очистки сточных вод на городских канализационных очистных сооружениях представляет объективную опасность загрязнения поверхностных водных объектов и окружающей среды в целом. Показатели загрязнения сточных вод являются в определенной степени постоянной величиной для канализационных очистных сооружений, в свою очередь неравномерность притока сточных вод на очистные сооружения постоянной не является и зависит главным образом от суточного расхода и конкретного времени суток. Также на неравномерность влияет режим транспортирования сточных вод, напорный либо самотечный, влияние оказывает и режим работы канализационных насосных станций. Данные режимы обусловлены в большей степени длиной существующих сетей водоотведения и их разветвленностью. На неравномерность притока сточных вод в том числе влияет инфильтрация поверхностных вод.

На данный момент, согласно актуальной нормативной документации [1] рекомендовано при расчете элементов канализационных очистных сооружений использовать методы математического моделирования. Однако по факту данным рекомендациям не придают достаточного значения в проектирующих КОС организациях, поскольку методы математического моделирования пред-

ставляют определенную трудность в реализации и применении на практике. Следовательно, при проектировании очистных сооружений обычно опираются на уже существующие типовые проекты, по которым производится подбор блоков.

Основной же задачей при проектировании является определение расчетных расходов, поступающих на канализационные очистные сооружения. Для их определения, согласно действующей нормативной документации, используются общие коэффициенты неравномерности, которые в свою очередь представляют собой отношение максимального/минимального часового расхода к среднечасовому расходу. Для того, чтобы неравномерность поступления сточных вод была учтена, также используют методы математического моделирования, которые учитывают данные графиков притока сточных вод от объектов канализования.

Также важно отметить, что в соответствии со статьей 67 последней редакции федерального закона «Об охране окружающей среды» [2] на канализационных очистных сооружениях 1 категории надежности должны быть оснащены средствами автоматического измерения и учета показателей выбросов загрязняющих веществ в очищенных сточных водах. Соответственно любые превышения требуемых концентраций, которые возникают в связи с выносом загрязняющих веществ, обусловленным неравномерностью поступления сточных вод на канализационные очистные сооружения, будут регистрироваться органами производственно-го экологического контроля.

Актуальность данной проблемы обусловлена стремительным ростом урбанизированных территорий, который в свою очередь приводит к увлечению загрязненности канализационных сточных вод, не смотря на контроль за потреблением водных ресурсов со стороны государства. Таким образом увеличивается и нагрузка на канализационные очистные сооружения, а неравномерность поступления сточных вод лишь усугубляет имеющиеся проблемы.

По данному вопросу в научной сфере имеются данные, которые были получены в результате проведенных исследований, на

основании которых можно утверждать о влиянии неравномерности поступления сточных вод на очистных сооружениях на эффективность их работы.

Так, например, в 2018 г. были проведены инструментальные обследования на канализационных насосных станциях в Санкт-Петербурге, при которых учитывался гидравлический режим поступления сточных вод на КНС [3]. На основании проведенных исследований была проведена обработка полученных данных и построены графики изменения во времени притока сточных вод на КНС. Также проводилось математическое моделирование методом имитационного моделирования канализационной сети. В результате отмечается колебание притока сточных вод от разных объектов на протяжении суток. В выводах по данному исследованию отмечается прямая зависимость эффективности и надежности очистных сооружений от неравномерности поступления сточных вод.

Примером неэффективности работы очистных сооружений, вызванной главным образом неравномерностью поступления на них сточных вод, можно считать ОС ОЭЗ «ИННОПОЛИС», работа которых была рассмотрена Л. Р. Хисамеевой и Т. В. Кедровой [4]. На рассмотренном ими объекте исследования показатели качества очистки сточных вод в значительной степени превышают допустимые нормативы при сбросе. Главной же причиной данного несоответствия уровня очистки называется ошибка в расчете при проектировании сооружений, допущенная в результате отсутствия реальных данных о неравномерности поступления сточных вод, что привело к уменьшению пропускной способности сооружений, габаритов приемной камеры, трубопроводов и прочих элементов очистных сооружений. Таким образом выражается необходимость использования точных данных о неравномерности притока сточных вод на очистные сооружения.

В 2019 году, авторами Самсоновым А. А., Ершовым Г. А., Прохоровым А. Г. были изучены и проанализированы графики колебания притока сточных вод в систему водоотведения [5]. На основании данного исследования, авторы обращают особое внимание

общему коэффициенту неравномерности, который в соответствии с действующим СП [1] при отсутствии достаточных данных допускается принимать по таблице 1 [1]. Общий коэффициент неравномерности не учитывает наличие сооружений по транспортированию и перекачке стоков, так же он не учитывает и время этой транспортировки от отдельных объектов до КОС. Следовательно, использование значений данного коэффициента приводит к занижению расчетных расходов, а в некоторых случаях и к завышению диаметров коллекторов, что вызывает их перегрузку или недостаток загруженности. Данные обстоятельства также негативно влияют на эффективную работу очистных сооружений.

Таким образом, подводя итог всему вышесказанному можно сделать вывод о том, что проблема неравномерности поступления сточных вод на канализационные очистные сооружения является актуальной. На данный момент эта проблема изучена недостаточно. Необходимо проанализировать существующие методы моделирования и расчета канализационных очистных сооружений, которые на данный момент несовершенны и не учитывают в достаточной мере неравномерность поступления сточных вод на очистные сооружения систем водоотведения. На основании имеющихся данных становится очевидным влияние неравномерности на процесс очистки сточных вод, а также известно о влиянии неравномерности притока на итоговое качество очищенных сточных вод и эффективность работы канализационных очистных сооружений. Следовательно, перед исследователями стоит задача предложить современные пути решения рассматриваемой проблемы, с учетом уже имеющихся изысканий в данной области.

Литература

1. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85 (с Изменением № 1). М.: Минстрой России, 2018. 104 с.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. М.: Кремль, 2002. 51 с.
3. Едунов Е. В. Влияние неравномерности поступления сточных вод на эффективность их очистки // Синергия наук. 2018. № 21. С. 533–540.

4. Хисамеева Л. Р., Кедрова Т. В. Анализ неэффективной работы очистных сооружений малых населенных пунктов на примере очистных сооружений канализации ОЭЗ «Иннополис» // Материалы 17-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности «Дальневосточная весна – 2019». Комсомольский-на-Амуре государственный университет. 2019. С. 44–47.

5. Самсонов А. А., Ершов Г. А., Прохоров А. Г. Графики колебания притока сточных вод в водоотводящую сеть и сооружения системы водоотведения // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019. №3(4). С. 145–154.

УДК 628.17

Анна Андреевна Андреевко, студент
Тимур Рустамович Шарипов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: andreenko.anna@list.ru,
timur-mail@list.ru

Anna Andreevna Andreenko, student
Timur Rustamovich Sharipov, student
(Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: andreenko.anna@list.ru,
timur-mail@list.ru

**О ФАКТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В МНОГОКВАРТИРНОМ
ЖИЛОМ ДОМЕ**

**ABOUT THE ACTUAL WATER CONSUMPTION
MODE IN AN APARTMENT BUILDING**

В работе рассмотрены вопросы, посвященные режимам водопотребления многоквартирного жилого дома (МКД). Показана трансформация норм по снабжению населения городов водой. Предложен анализ суточного водопотребления 80-ти квартирного МКД за несколько месяцев. Произведено сравнение нормативных и фактических значений расходов холодной воды, получены коэффициенты суточной неравномерности использования системы водоснабжения. Ряд данных математически обработан методами теории вероятностей и определена технологическая надежность работы системы водоснабжения с расходом не ниже заданной. Показано, что нормативные расходы отличаются от фактических и это необходимо учесть при проектировании систем водоснабжения и водоотведения, не допуская функциональной избыточности инженерных решений.

Ключевые слова: система водоснабжения, график водопотребления, вероятность функционирования.

The paper discusses issues related to the modes of water consumption of an apartment building. The transformation of norms for supplying the population of cities with water is shown. An analysis of the daily water consumption of 80-apartment apartment blocks for several months is proposed. Comparison of normative and actual values of cold water consumption is made, coefficients of daily irregularity of water supply system use are obtained. A number of data were mathematically processed by the methods of probability theory and the technological reliability of the water supply system was determined with a flow rate not lower than the specified one. It is shown that standard costs differ from actual ones and this must be taken into account when designing water supply and sewerage systems, avoiding functional redundancy of engineering solutions.

Keywords: water supply system, water consumption schedule, probability of functioning.

Оптимизация режима работы систем водоснабжения и водопотребления любого населенного пункта должна определяться не только нормативными значениями, но и фактическим графиком водопользования.

В таблице 1 показана трансформация значений суточных расходов воды на одного жителя на основе анализа технической и нормативной литературы.

Необходимо проанализировать изменение водопотребления по суткам в течение месяца. Очевидно, что локальные максимумы расходов будут выпадать на выходные дни, но как эти значения будут соотноситься с нормативами? Уточним это по фактическим данным узла учета 80-ти квартирного жилого дома в г. Санкт-Петербурге. Суточные расходы холодной воды приведены для четырех месяцев отопительного периода в таблице 2, а на рис. 1 представлен график среднесуточного расхода воды по суммарным данным за четыре месяца.

Определим коэффициенты суточной неравномерности. Наибольший расход зафиксирован в $24 \text{ м}^3/\text{сут.}$ на здание. Коэффициент суточной неравномерности $K_{\max} = 27 / 22,4 = 1,2$ (для октября), $K_{\min} = 18 / 22,4 = 0,8$. Для данных за четыре месяца $K_{\max} = 24 / 21,4 = 1,12$; $K_{\min} = 19 / 21,4 = 0,89$.

Таблица 1

Нормы водопотребления потребителями МКД

Водопотребители	Нормы расхода воды на одного жителя, л/сут.									
	по Фальковский Н. И., 1938 г. [1]	по Спышнову П. А., 1947 г. [2]	по Абрамову Н. Н., 1955 г. [3]	по СНиП П-30-76	по СНиП 2.04.01-85	по СП 30.13330.2012	ред. 2016 г.	ред. 2019 г.	по СНиП 2.04.02-84	по СП 31.13330.2012
Жилые много-квартирные дома с водопроводом, канализацией и ваннами с газовыми водонагревателями	125	100–150	140–170 <u>160–190</u>	– <u>250</u>	190 <u>225</u>	210	250	180	160–230	140–190
То же с централизованным горячим водоснабжением с ваннами, оборудованными душами	120–150	150–300	160–210 <u>185–240</u>	– <u>300</u>	250 <u>300</u>	250	250	210	230–350	195–220

Таблица 2

**Суточные расходы холодной воды в жилом доме
г. Санкт-Петербург**

дни янв	q , м ³ /сут	дни фев	q , м ³ /сут	дни марта	q , м ³ /сут	дни окт	q , м ³ /сут	$q_{\text{ср}}$, м ³ /сут (за 4 месяца)
1	22,0	1	20,8	1	15,4	1	17,2	18,9
2	22,4	2	19,2	2	18,2	2	20,0	20,0
3	25,4	3	22,8	3	21,2	3	21,8	22,8
4	25,4	4	26,2	4	25,2	4	20,6	24,4
5	27,4	5	23,8	5	19,2	5	22,4	23,2
6	16,8	6	18,2	6	20,0	6	23,4	19,6
7	28,2	7	17,4	7	17,6	7	27,4	22,7
8	32,1	8	19,8	8	20,6	8	24,0	24,1
9	24,4	9	18,6	9	17,8	9	22,6	20,9
10	24,0	10	22,8	10	18,6	10	23,8	22,3
11	24,6	11	25,2	11	24,8	11	21,8	24,1
12	22,6	12	22,2	12	20,0	12	18,6	20,9
13	23,4	13	18,6	13	15,6	13	22,4	20,0
14	28,2	14	17,4	14	13,6	14	22,8	20,5
15	22,2	15	20,6	15	14,2	15	21,2	19,6
16	22,2	16	20,4	16	18,2	16	19,6	20,1
17	21,0	17	21,0	17	24,4	17	20,8	21,8
18	19,8	18	22,0	18	26,8	18	24,0	23,2
19	18,8	19	19,6	19	20,6	19	20,6	19,9
20	20,0	20	21,6	20	18,8	20	25,8	21,6
21	28,2	21	16,6	21	20,2	21	24,8	22,5

Окончание табл. 2

дни янв	q , м ³ /сут	дни фев	q , м ³ /сут	дни марта	q , м ³ /сут	дни окт	q , м ³ /сут	$q_{\text{ср}}$, м ³ /сут (за 4 месяца)
22	21,4	22	16,6	22	18,3	22	23,0	19,9
23	21,8	23	20,4	23	18,3	23	21,6	20,5
24	21,0	24	20,8	24	21,8	24	22,4	21,5
25	20,4	25	24,6	25	25,0	25	23,0	23,3
26	20,4	26	19,8	26	21,2	26	24,2	21,4
27	21,2	27	19,4	27	20,8	27	21,2	20,7
28	28,4	28	18,2	28	19,8	28	26,8	23,3
29	22,8			29	17,8	29	20,6	20,4
30	19,8			30	20,2	30	22,8	20,9
31	19,4			31	22,2	31	22,6	21,4
Всего за месяц, м ³	715,7	Всего за месяц, м ³	574,6	Всего за месяц, м ³	616,4	Всего за месяц, м ³	693,8	666,4
Среднесут, м ³ /сут	23,1	Среднесут, м ³ /сут	20,5	Среднесут, м ³ /сут	19,9	Среднесут, м ³ /сут	22,4	21,4

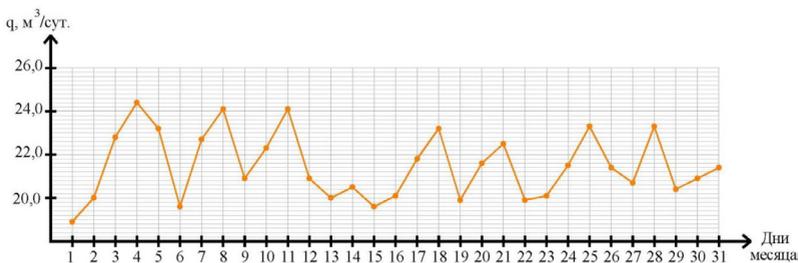


Рис. 1. Среднесуточный расход воды за 4 месяца

Сравним соответствие фактического водопотребления нормативам, для чего разделим среднесуточный расход $21,4 \text{ м}^3/\text{сут.}$ на количество потребителей (200 жителей), тогда величина использования воды одним человеком составит $21 / 4 / 200 = 0,107 \text{ м}^3/\text{сут.}$ или 107 л/сут. В проекте, выполненном по СП 30.13330.2016, эта норма составляла 165 л/сут. на человека. Таким образом, жильцы многоквартирного дома израсходовали в $165 / 107 = 1,54$ раза меньше, чем положено по проектной документации.

Рассматривая, например, день с расходом в $24 \text{ м}^3/\text{сут.}$, получаем цифру недобора уже в $165 \times 200 / 27000 = 1,22$ раза меньше нормы. Напомним, что система водоснабжения первой категории надежности не допускает снижения подачи воды более 30 % расчетного расхода более, чем на 3 суток. Выходит, что сам потребитель снизил потребление воды ниже нормативного в пределах 30 %.

Имея статистический ряд случайной величины «суточный расход воды», можно определить вероятность функционирования системы водоснабжения с заданной величиной водопотребления. Речь идет не о механической надежности (до отказа), а о технологической надежности водоснабжения. Используя вычисления методами теории вероятности [4], построен интегральный график функции распределения суточных расходов воды (рис. 2).

Пусть заданное водопотребление равно $21,4 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Из графика видно, что такое потребление можно ожидать с вероятностью 0,5 (50 %). Значения, которые больше заданного расхода, напри-

мер, $23,0 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ожидается с вероятностью $P = 1 - F(23) = 0,171$ (17,1 %), т. е. пять дней в месяц.

Водопотребление с нормой в 165 л/сут. практически невероятно.

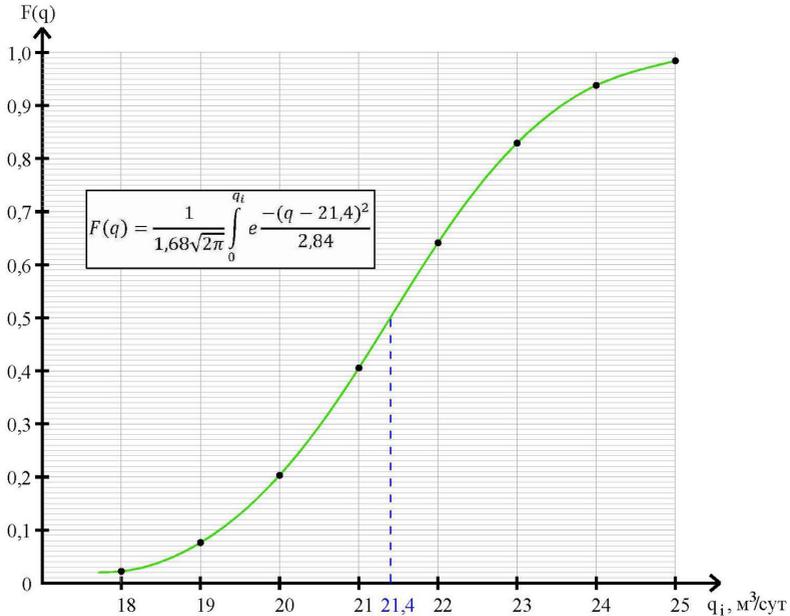


Рис.2. Интегральный график функции распределения суточных расходов воды (за четыре месяца)

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что анализ фактического водопотребления является существенным фактором для адекватного проектирования систем водоснабжения и водоотведения.

Литература

1. Фальковский Н. И. Санитарно-техническое оборудование зданий. Учебник для ВТУЗов. М.: Издательство Строительной литературы. 1938. 416 с.

2. Спышинов П. А. Санитарная техника. Учебник. Москва: Издательство Академии Архитектуры СССР. 1947. 318 с.
3. Абрамов Н. Н., Гениев Н. Н., Павлов В. И. Водоснабжение. Учебник для вузов. М: Стройиздат. 1950. 580 с.
4. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М.: «Наука». 1971. 576 с.

УДК 001.5+УДК 628.144.2

Елизавета Евгеньевна Башурина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ebashurina997@gmail.com

Elizaveta Evgenевна Bashurina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ebashurina997@gmail.com

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНО- ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ С УЧЕТОМ СОГЛАСОВАНИЯ ПРОЕКТА НВК

DEVELOPMENT OF AN APPROACH TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF DESIGN AND SURVEY WORK WITH THE APPROVAL OF THE EXTERNAL WATER SUPPLY AND SEWERAGE NETWORKS PROJECT

В данной статье на основе анализа проектов наружных сетей водопровода и канализации рассматриваются: стадии разработки проектно-изыскательских работ; проблемы, возникающие при некорректном планировании этапа проекта «Согласование проектной документации»; возможный способ упрощения работы инженеров на начальном этапе проектирования с использованием региональной геоинформационной системы Санкт-Петербурга. РГИС позволяет проанализировать наличие подземных сетей в зоне проектируемого объекта, а также принадлежность территории к службам определенных надзоров, государственным органам, органам местного самоуправления.

Ключевые слова: проект НВК, проектно-изыскательские работы, проектно-сметная документация, согласование, Заказчик, инженер-проектировщик, задание на проектирование.

In this article, based on analysis of the projects of external water supply and sewerage networks, the following issues are considered: the process of developing

design and survey works; problems arising at the stage of “Approval of project documentation” of the project due to incorrect planning; a possible way to simplify the work of engineers at the initial stage of design using the regional geoinformation system of St. Petersburg. RGIS allows you to analyze the presence of underground networks in the area of the projected object, as well as the belonging of the territory to certain supervisory services, state bodies, local governments.

Keywords: project of external water supply and sewerage networks, design and survey work, design and estimate documentation, approval, Customer, design engineer, design assignment.

Проектирование наружных сетей водоснабжения и водоотведения включает разработку проектно-сметной документации (ПСД), необходимую для проведения строительно-монтажных работ и получения ордера ГАТИ [1].

ПСД является базовой документацией, с которой любой строительной компании часто приходится работать на каждом этапе строительства. Различные виды строительства (капитальный ремонт, реконструкция, новое строительство) начинаются с разработки, согласования и экспертизы ПСД [2-4].

Проектно-изыскательские работы начинаются с заключения договора между Заказчиком и подрядчиком (например, рассмотрим компанию по проектированию сетей НВК и ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»), Заказчик выдает задание на проектирование, которое регламентируется СНиП 11.01-95, календарный план-график и другие сопутствующие документы, позволяющие начать проектировать [2]. После этого проектировщики начинают с изыскательских работ, а потом только приступают к проектным [5]. ПИР подразумевают разработку ПСД.

С юридической точки зрения, на основе главы 37 Гражданского кодекса РФ, в особенности, статьи 760 ГК РФ, к обязанностям подрядчика относятся [6]:

- разработка проекта в соответствии с договором, заданием на проектирование и исходно-разрешительной документацией;
- согласование каждого этапа и готовой работы в целом с Заказчиком, а также с компетентными гос. органами и органа-

ми местного самоуправления, иногда со службами определенных надзоров;

- передача готового проекта Заказчику, со всей прилагающейся документацией, и результатов инженерных изысканий.

При разработке ПСД на основе договора с бюджетными организациями (ГУП «Водоканал СПб»), как правило, в календарный график выполнения работ включается стадия согласования проектной документации (ПД), занимая незначительный срок (0,5–2 месяца), а перечень согласующих организаций отражается в задании на проектирование, который в свою очередь, содержит перечень согласований, достаточный для открытия ордера ГАТИ и производства строительно-монтажных работ [1].

Подрядчики, подписавшие договор с календарным графиком на подобии вышеуказанного, нередко сталкиваются с проблемой некорректного расчёта сроков этапа получения согласований ПД со службами определенных надзоров, гос. органами, органами местного самоуправления, Заказчиком и другими, а также сложностью оценки рисков. При выполнении договора подряда срок, отведенный на согласования, зачастую существенно затягивается, что нередко приводит к несоблюдению календарного графика работ, истечению срока действия полученных согласований, полученным отказам в согласовании и др.

Один из примеров таких проблем является ситуация, когда в процессе получения согласования у некоторых организаций, заведующих инженерными сетями, таких как ГУП «ТЭК», ОАО «ЛЕНЭНЕРГО», ОАО «Ростелеком» и другие, возможен отказ в согласовании проектной документации по различным причинам, в таком случае нередко решения специалистов согласующей организации влекут за собой выдачу технического задания (ТЗ) или технических условий (ТУ), включающего свои условия, по выполнению которых, организация готова согласовать проект [7]. Однако, в связи с выдвинутыми условиями, могут весьма кардинально измениться главные проектные решения, начиная от

генерального плана, технических и конструктивных решений линейного объекта и далее все разделы проекта. Таким образом, для реализации данного ТЗ, требуется кардинальное изменение уже выполненного проекта, что приведет к увеличению срока и затрат на разработку.

Итогом данных проблем может оказаться непонимание и нежелание Заказчика продлевать сроки, что может привести к расторжению договора подряда, аннулированию контракта и отказу выплаты подрядчику за уже выполненную работу.

Нередко Заказчики по окончании проектных работ, на стадии сдачи проекта, требуют от подрядной организации предоставить зону производства работ по объекту, и другие проектные решения, например проектный водопровод, в файле формата *psp* для дальнейшей загрузки в региональную геоинформационную систему Санкт-Петербурга (РГИС) для получения ордера ГАТИ [1, 8].

На сегодняшний день многие инженеры-проектировщики НВК с данной ситуацией еще не сталкивались и никакой информации о программах и об алгоритме действий, необходимом для создания файлов формата *psp* не имеют. В большинстве случаев вопросами данного типа интересуется главный инженер проекта (ГИП), как и, в целом, согласованиями.

Проведенный анализ региональной геоинформационной системы Санкт-Петербурга позволил выделить полезные утилиты и определить вспомогательные функции для упрощения работы проектировщиков. Сама РГИС содержит информацию о координатах точек в системе координат 64-го года (МСК-64). В данной системе находятся сведения об объектах недвижимости: земельных участках, территориальных зонах, зданиях, охранных зонах и др. Преимуществами системы являются: регулярное обновления актуальных данных, достоверность информации, подкрепленная с юридической точки зрения. Таким образом, сведения, содержащиеся в системе действительны для любого вида проектирования в данной системе координат.

Правильно используя утилиты и функции системы РГИС, у инженеров появляется возможность узнать (не дожидаясь инженерных изысканий, которые разрабатываются не менее 1,5–2 недель):

- наличие и местоположение подземных сетей (слои «зоны особого режима использования») [8];
- расположение красные линии улично-дорожной сети (слои «Сведения информационной системы обеспечения градостроительной деятельности») [8];
- координаты поворотных точек земельных участков (слои «Сведения кадастра объектов недвижимости») [8];
- принадлежность территории к службам определенных надзоров, гос. органам и органам местного самоуправления, таким как «КГИОП», «ОПС КГА», «НЛБВУ», ГКУ «ЦКБ», МО, Администрации и другим (слои «Территориальные зоны», «Функциональные зоны Генплана», «Объекты культурного наследия») [8].

Для получения более детальной информации от РГИС нужно создать файл формата *psp*, содержащий, например, черновой вариант запроектированной сети водопровода в Балтийской системе координат, все объекты которого должны лежать в одном слое, и границу полосы отвода водопровода (в другом слое) [8]. На сайте РГИС есть функция «Формирование пространственных данных», при ее использовании можно загрузить в систему созданный ранее файл *psp* и получить визуальную модель вашего чернового проекта на карте РГИС. Данный результат даст возможность более подробного определения «проблемных мест» проекта, так же составления списка требуемых согласований и облегчении работы инженеров.

В заключение, можно сделать следующий вывод: согласования проектной документации безусловно стоит уделять больше внимания до момента подписания договора на проектно-изыскательские работы, так как этот этап является немаловажным в проекте. Одним из решений данной проблемы может быть разработка моделей расчета времени, требуемого на получение согласования

в эксплуатирующих и иных организациях при благоприятных условиях, для типовых проектов.

Литература

1. СП 48.13330.2019. Организация строительства СНиП 12-01-2004. М.: Минстрой России, 2019. 79 с.
2. ВСН-113-87. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений агропромышленного комплекса. М.: Госагропром СССР, 1987. 16 с.
3. Постановление Правительства РФ от 05.03.2007 № 145. О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий. М.: Правительство РФ, 2007. 41 с.
4. ГОСТ 21.002-81. Система проектной документации для строительства (СПДС). Нормоконтроль проектно-сметной документации. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1981. 4 с.
5. Постановление Правительства Российской Федерации №87 от 16 февраля 2008 г. О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию. М.: Правительство РФ, 2008. 60 с.
6. Гражданский кодекс РФ. Часть 2 от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 18.03.2019, с изм. от 03.07.2019). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/ (дата обращения: 22.02.2021)
7. Правительство Санкт-Петербурга Комитет по градостроительству и архитектуре – [Электронный ресурс]. URL: <https://portal.kgainfo.spb.ru> (дата обращения: 22.02.2021)
8. Правительство Санкт-Петербурга Комитет имущественных отношений Санкт-Петербурга. Региональная информационная система (РГИС) – [Электронный ресурс]. URL: www.rgis.spb.ru (дата обращения: 22.02.2021)

УДК 626.12

Даниил Алексеевич Дмитриевский,
студент
Юрий Вячеславович Столбихин,
канд. техн. наук
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: d.dmitrevskiy@yandex.ru,
stolbikhin@bk.ru

Daniil Alexeevich Dmitrevskii,
student
Iurii Viacheslavovich Stolbikhin,
PhD in Sci. Tech.
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: d.dmitrevskiy@yandex.ru,
stolbikhin@bk.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ МЕШКОВ ВО ВСАСЫВАЮЩИХ ЛИНИЯХ НАСОСОВ

MODELING OF THE AIR BAGS FORMATION IN THE SUCTION PIPELINES IN FRONT OF THE PUMPS

В статье рассматривается проблема возникновения воздушных мешков во всасывающих трубопроводах насосов в случае использования одной главной всасывающей линии для двух и более насосов. Дано общее описание ситуации, и описаны сопряженные с явлением технические проблемы. Приведено описание их решения по литературным источникам. Произведено моделирование движения воды и воздуха в трубопроводе в двух случаях работы насосов при заборе воды из общей всасывающей линии с использованием программного комплекса *ANSYS*. Показано скопление воздуха в трубопроводе при работе дальнего насоса и остановленном ближнем насосе относительно места поступления воды в систему. Результаты моделирования согласуются с описанным в технической литературе явлением. В статье также отмечена возможность продолжения дальнейших модельных расчетов.

Ключевые слова: насосы, воздушный мешок, всасывающий трубопровод, воздух в трубопроводе, моделирование.

The article deals with the problem of the occurrence of air bags in the suction pipelines of pumps in the case of using one main suction line for two or more pumps. A general description of the situation is given, and the technical problems associated with the phenomenon are described. The description of their solution according to the literature sources is given. The simulation of the movement of water and air in the pipeline in two cases of pump operation when taking water from a com-

mon suction line is performed using the ANSYS software package. It shows the accumulation of air in the pipeline when the far pump is running and the near pump is stopped from the point where water enters the system. The simulation results are consistent with the phenomenon described in the technical literature. The article also notes the possibility of continuing further model calculations.

Keywords: pumps, air bag, suction pipe, air in the pipeline, simulation.

Некорректные условия со стороны всасывающего трубопровода перед насосами часто являются причиной их поломки, ведь конструкция трубопровода во многом определяет гидравлические характеристики всей системы в целом. При неравномерном распределении потока воды в всасывающей линии может возникнуть ряд неприятных побочных эффектов, таких как: повышенный уровень шума, повреждение рабочих колес, разгерметизация, кавитация, гидравлический удар и неравномерный ход насоса [1]. Причиной всего вышеперечисленного может стать возникновение в трубопроводе воздушных мешков.

Существует множество причин возникновения данной проблемы и ряд мер по их решению. Рассмотрим конкретный пример возникновения воздушного мешка в трубопроводе. Очень часто подобная ситуация возникает при использовании общей всасывающей линии для двух-трех насосов [2].

Воздушные мешки могут возникнуть во всасывающих трубопроводах насосов, в ситуации, показанной на рис. 1.

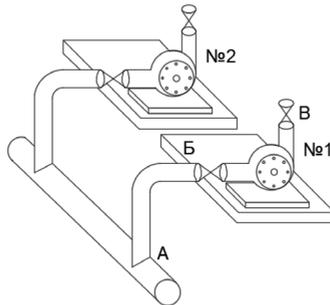


Рис. 1. Присоединение насосов к общей всасывающей трубе [5]

Для визуализации этого случая воспользуемся программой *ANSYS CFX* – с ее помощью мы сможем смоделировать данную ситуацию и посмотреть, где именно возникнут воздушные мешки.

Созданная расчетная область показана на рис. 2. № 1 и № 2 соответствуют номерам насосов, АБ – ответвление к насосу № 1 (рис. 1). Диаметр общего всасывающего трубопровода был выбран 300 мм, а диаметр ответвления, ведущего к насосу, составляет 200 мм.

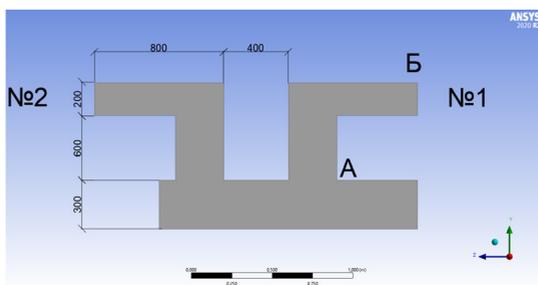


Рис. 2. Расчетная область модели

Далее в программе была создана сетка для выполнения расчета, и заданы граничные условия по расходу воды (задана через скорость среды на входе), доля растворенного в воде воздуха и интенсивность его выделения.

Рассмотрим 2 ситуации работы системы, приведенной на рис. 1.

В первом случае будет работать насос №1. Как видно из рис. 3, он удалит из трубопровода весь воздух, и пуск второго насоса пройдет без затруднений.

Во втором случае работа насоса № 2 приведет к тому, что большинство пузырьков воздуха будет поступать прежде всего в ответвление АБ (рис. 4) и только после наполнения его воздухом, начнет свое движение к насосу № 2, где воздух будет беспрепятственно удаляться. Это приводит к необходимости заливать первый насос перед его пуском при закрытой задвижке Б, что являет-

ся обязательным требованием [1–5]. Однако, когда насос достигает полных оборотов, и задвижки Б и В открываются, возникает необходимость выключения насоса для выпуска из него воздуха, поступившего из ответвления АБ и повторения предыдущего действия.

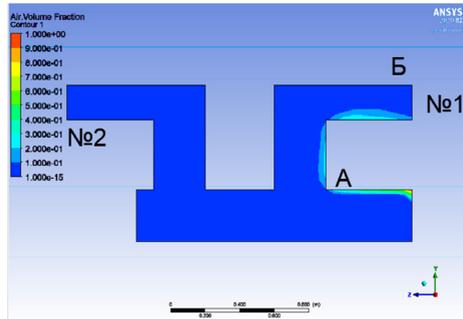


Рис. 3. Модель распространения воздуха во всасывающем трубопроводе при работе насоса № 1

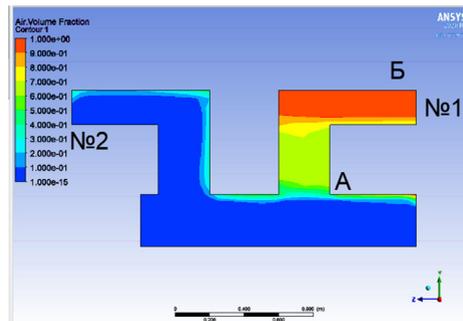


Рис. 4. Модель распространения воздуха во всасывающем трубопроводе при работе насоса № 2

Все представленные результаты были получены при работе с программой *ANSYS CFX*, что подчеркивает важность ее использования, а также простоту и скорость расчета различных приклад-

ных технических задач без физического моделирования. В дальнейшем, в выпускной квалификационной работе будет рассмотрена возможность возникновения воздушных мешков во всасывающих трубопроводах насосов при их установке под залив и различной конфигурацией всасывающих трубопроводов.

Литература

1. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986. 315 с.
2. Трубопроводы в насосной станции. URL.: <https://www.nasosnaya-stantsiya.ru/proektirovanie-nasosnyx-stancij/truboprovody-v-nasosnoj-stanczii.html> (дата обращения: 24.01.2021)
3. Залуцкий Э. В., Петрухно А. И. Насосные станции. Курсовое проектирование. Головное издательство «Вища Школа», 1987. 165 с.
4. Аникин Ю. В., Царев Л. И., Ушакова Н. С. Насосы и насосные станции. Издательство Уральского университета, 2018. 144 с.
5. Насосные станции. Информация по проектированию и монтажу компании Konaks. URL: <http://konaks.ru/wp-content/uploads/2014/09/Proektirovanie-i-montazh-KNS.pdf>, (дата обращения: 24.01.2021).

УДК 628.544

Янина Александровна Коугия,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kougiya11@mail.ru

Yanina Aleksandrovna Kougiya,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kougiya11@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF BIOGAS PLANTS IN THE NORTH-WEST REGION OF THE RUSSIA

В статье рассматривается проблема обеспечения экологической безопасности животноводческих комплексов. Основное внимание уделено поиску решения проблемы негативного воздействия от образующихся отходов жизнедеятельности крупного рогатого скота с помощью использования биогазовых технологий в условиях Северо-Западного федерального округа России. Также в статье приводится описание северо-западного региона страны. Описываются биогазовые установки, классифицируемые по основным режимам сбраживания. Приведены особенности установок, основанных на технологии анаэробной обработки с генерацией электричества и тепла, условия применения, эколого-экономические показатели.

Ключевые слова: биогаз, биогазовая установка, защита окружающей среды, анаэробное сбраживание, термофильный режим сбраживания, мезофильный режим сбраживания.

In this paper addressed the problem of the environmental safety of livestock breeding complex. The main focus is on finding a solution to the problem of the negative impact of cattle waste produced through the use of biogas technologies in the north-west region of the Russia. Also the paper describes the north-west region. The paper describes biogas plants which are classified according to fermentation mode. The features of the biogas plants, conditions of use, environmental performance are given.

Keywords: biogas, biogas plant, environmental safety, anaerobic fermentation, thermophilic fermentation mode, mesophilic fermentation mode.

На сегодняшний день остается актуальной проблема сохранения экологической безопасности в сельскохозяйственной сфере, в частности деятельности животноводческих предприятиях, несмотря на продолжающийся спад аграрного производства в России. Риском для окружающей среды представляется негативное воздействие от образующихся отходов животноводства, требующих тщательного подхода к формированию системы утилизации навоза крупного рогатого скота.

Одним из выгодных с точки зрения комплексного подхода к охране окружающей среды способов решения данной проблемы является использование технологии анаэробной обработки навоза крупного рогатого скота с получением биогаза с последующей генерацией электричества и тепла в биогазовой установке.

Биогаз – продукт обмена веществ бактерий, состоит из метана (65÷80 %), углекислого газа (14÷34 %), сероводорода (1 %) и незначительных примесей азота, кислорода и водорода, который образуется в процессе метанового брожения, протекающего в анаэробных условиях в специальных реакторах – ферментерах, биогазовых установках.

Биогазовой установкой называется комплекс инженерных сооружений, состоящий из устройств подготовки сырья, производства биогаза и удобрений, очистки и хранения биогаза, производства электроэнергии, автоматизированной системы управления биогазовой установкой.

Данная технология используется чаще в странах с теплым и умеренным климатом. Например, лидером по внедрению биогазовых станций является Германия, где функционирует около 10 тысяч биогазовых станций [1]. На территории России первая биогазовая установка в ее современном понимании была установлена в 2009 году в Центральном федеральном округе в деревне Дошино Калужской области. На сегодняшний день продолжается внедрение биогазовых станций на территории России, но эффективность введения и использования установок невысокая и является мало изученной, особенно в условиях Северо-Западного региона России.

Северо-Западный федеральный округ (СЗФО) занимает 9,9 процента территории Российской Федерации (1 млн. 687 тыс. кв. км) с административным центром в г. Санкт-Петербург. На территории региона проживают 13 млн. 660 тыс. чел. или 9,5 % населения Российской Федерации. В состав СЗФО входит 11 субъектов России.

Регион обладает 3,3 % площади сельскохозяйственных угодий от общероссийской площади. Данные о площади сельскохозяйственных земельных участков на момент 1 января 2020 года представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1

Площадь сельскохозяйственных угодий в разрезе субъектов Российской Федерации Северо-Западного федерального округа

№ п/п	Федеральный округ, субъекты РФ	Сельскохозяйственные угодья, тыс. га					
		всего	В том числе				
			пашня	залежь	много- летние насаждения	сенокосы	настища
1	2	3	4	5	6	7	8
	Северо- Западный ФО	6825,9	3422,0	241,4	121,5	1801,4	1239,6

СЗФО находится в зоне рискованного земледелия, климат в целом умеренно прохладный и влажный, что пригодно для такого экономического направления сельскохозяйственной деятельности региона, как животноводство, птицеводство и свиноводство. Так появилась проблема утилизации продуктов жизнедеятельности животных, в частности крупного рогатого скота, которые являются подходящей средой обитания микроорганизмов для участия в многостадийном анаэробном процессе.

Для оптимального протекания данного процесса рекомендуется использование бесподстилочного навоза, смеси осадков отстойников и других продуктов переработки и очистки навозных стоков в соответствии с [3]. Условиями применения биогазовой технологии для обработки отходов животноводства являются влажность перерабатываемого материала 80÷97 %, при этом технология наиболее эффективна при влажности субстрата 88÷93 %; рН = 7÷7,6; соотношение C/N – 10÷16/1 [1].

В зависимости от температуры, требуемой для поддержания жизнедеятельности необходимых штаммов микроорганизмов, разделяют три группы биогазовых установок с соответствующими температурными режимами:

1. Психрофильный (или психофильный) – температура ниже 25 градусов, переработка отходов в течение 30÷40 суток.

2. Мезофильный – температура 25÷45 градусов, переработка отходов в течение 7÷15 суток.

3. Термофильный – температура 45÷55 градусов, переработка отходов в течение 5÷10 суток.

Биогазовые установки с психрофильным режимом эксплуатируются в климатических зонах, среднегодовая температура которых составляет не менее 18÷20 °С, поэтому применение данных установок в Северо-Западном регионе не рассматривается.

При мезофильном и термофильном режимах требуются наличие внешнего источника теплоснабжения и строгого контроля за температурой: допустимые пределы колебания температуры для оптимального газообразования тем жестче, чем выше температура процесса сбраживания (мезофильный ±1 °С в час; термофильный – ±0,5 °С в час).

Также следует учитывать, что при более высокой температуре быстрее и с большей производительностью идет образование биогаза и процесс обеззараживания субстрата. Результаты теоретического расчета выхода биогаза в мезофильном и термофильном режимах сбраживании субстрата [4] приведены в табл. 2.

Таблица 2

Выход биогаза термофильном и мезофильном режимах

Температурный режим	Скорость роста микроорганизмов, сут ⁻¹	Предельный выход биогаза, м ³ /кг	Содержание органического вещества, %
Мезофильный	0,26	0,18÷0,4	8,4
Термофильный	0,58	0,32÷0,6	8,4

Однако при повышенной температуре процент метана в составе биогаза может быть снижен, а в продукте переработки после производства биогаза будет содержаться меньшее количество азота. Поэтому на практике в основном востребован мезофильный режим, так как при обеспечении максимально возможной доли метана, в результате на выходе имеется удобрение с высоким содержанием общего азота [5].

Для сравнения биогазовых установок мезофильного и термофильного режимов также оцениваются затраты электроэнергии на подогрев субстрата и поддержание его температуры в процессе ферментации при том или ином температурном режиме сбраживания. Так, исходя из разности между температурой окружающей среды в рассматриваемом регионе, среднегодовой температурой исходного субстрата (около 10 °С) и требуемой температурой конкретного режима сбраживания, определяется, что большую температуру требуется создать для термофильного режима, следовательно, затраты электроэнергии на поддержание данного режима превышают затраты на поддержание мезофильного режима.

Получаемая электроэнергия в количестве до 3 кВт·ч от 50 м³ биогаза (от 1 т навоза естественной влажности), содержащего около 80÷92 % метана, может быть использована на собственные нужды биогазовой установки, а также для заправки автотранспорта и сельскохозяйственной техники.

Вызванная высокой стоимостью осуществления мероприятий, направленных на минимизацию риска от того или иного аг-

ропромышленного предприятия, отсутствия системы финансирования и поддержания технологии, осуществляемой с помощью биогазовых установок, а также рядом других экономических и государственных причин, проблема требует более глубокого изучения и определения подходов для ее разрешения.

Литература

1. Брюханов А. Ю. Методы проектирования и критерии оценки технологий утилизации навоза, помета, обеспечивающие экологическую безопасность: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2016. 440 с.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Москва 2020. URL: <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения: 25.02.2021).
3. РД-АПК 1.10.15.02-17. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744162.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).
4. Моделирование микробиологического процесса в биореакторе. URL: <http://www.agrimachinery.net/3-2015.html> (дата обращения: 01.03.2021).
5. Садчиков А. В., Кокарев Н. Ф. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 2–1. С. 90–93.

УДК 628.4

Виктория Дмитриевна Лысанова,
студент
Юрий Вячеславович Столбихин,
канд. техн. наук
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: Vika429@mail.ru,
stolbikhin@bk.ru

Viktoriia Dmitrievna Lysanova,
student
Iurii Viacheslavovich Stolbikhin,
PhD in Sci. Tech.
(Saint Petersburg State University of
Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Vika429@mail.ru,
stolbikhin@bk.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУИ ГОРОДСКОГО ФОНТАНА

SIMULATION OF AN URBAN FOUNTAIN JET

В статье рассматривается решение проблемы недостаточности только расчетов для создания проекта городского фонтана. Представлен современный способ, используя который, можно избежать проблем в работе фонтана, таких как разбрызгивание и образование луж за пределами фонтана. Предлагается использовать моделирование струй жидкости объектов. Моделирование помогает проверить аналитические расчеты, увидеть графически работу системы и провести необходимые корректировки параметров системы. В статье приведены гидравлические расчеты струи фонтана, далее показан процесс создания модели струи в программе *Ansys Workbench*. Было рассмотрено два варианта работы системы: обычная и с воздействием ветра. В конце приводится сравнение результатов аналитических расчетов и результатов моделирования.

Ключевые слова: фонтан, струя жидкости, разбрызгивание, моделирование, визуализация.

The article reviews the solution of the problem of the lack of calculations for an urban fountain project. The article presents a modern method, using which you can avoid problems (such as splashing and the formation of puddles outside the fountain) in exploitation. It is proposed to use the simulation of liquid jets of objects. Simulation helps to check analytical calculations, to see graphically the operation of the system and change system parameters if it is necessary. The article presents hydraulic calculations of the fountain jet, shows the process of creating a jet model in the *Ansys Workbench* program. Two variants of the system were considered: ordinary and with wind. At the end, the results of analytical calculations and results of simulation are compared.

Keywords: urban fountain, liquid jet, water splashes, simulation, visualization.

Фонтаном называют природное или искусственно созданное явление, заключающееся в истечении жидкости под действием давления, оказываемого на нее [1]. При проектировании городских фонтанов необходимо произвести гидравлические расчеты для определения расходов воды, форм, траекторий струй и потребных напоров у насадок для правильного подбора механического оборудования. П. А. Спышнов предлагает проводить расчет по формулам, представленным ниже [2].

Расход воды находится:

$$Q = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода воды, принимается 0,62; F – площадь выходного отверстия, м²; H – напор у насадки, м.

Потребный напор можно найти, зная высоту, с которой падает струя, и точку, в которую падает струя:

$$H = \left(\frac{L}{2 \cdot \varphi \cdot \sqrt{h}} \right)^2, \quad (2)$$

где L – величина горизонтального отбоя, м; φ – коэффициент скорости, для малых отверстий составляет 0,97; h – высота расположения отверстия над поверхностью чаши, м.

Для проверки траектории струи и значения потребного напора перед патрубком, из которого происходит истечение, было произведено моделирование по реальным данным при реконструкции фонтана в пригороде г. Санкт-Петербурга. Необходимо было обеспечить попадание струи в чашу при высоте расположения патрубка 2,171 м. Расстояние от отверстия до расчетной точки падения по горизонтали составляло 1,7 м, с запасом 0,2 м до края чаши. По формулам (1) и (2) были получены расчетные значения напора $H = 0,354$ м и расхода $Q = 1,85$ л/с = 1,84 кг/с.

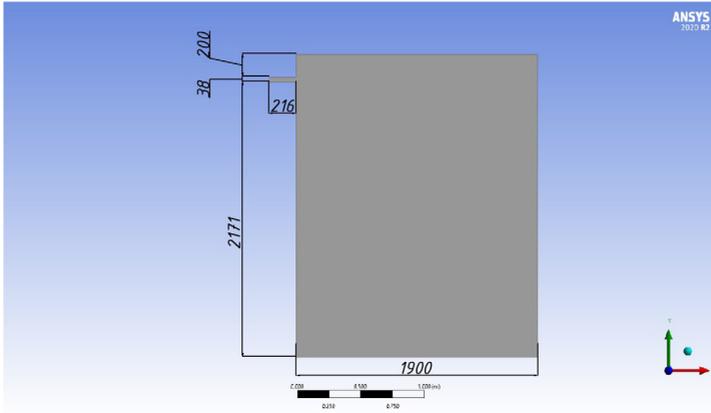


Рис. 1. Расчетная геометрия

Используем моделирование системы в программе *Ansys Workbench* для проверки получившихся расчетов. Для начала в программе создается геометрия, представленная на рис. 1, а именно создается внутренняя часть подводящей трубы к насадке с внутренним диаметром равным 38 мм и сама видимая расчетная область, длина которой равна радиусу чаши фонтана, а высота равна расстоянию, на котором расположено отверстие над поверхностью чаши, с некоторым запасом.

Далее в программе создается расчетная сетка и задаются граничные условия на вход: массовый расход и скорость ветра.

Рассмотрим 2 варианта: обычную работу систему и работу системы под действием ветра.

В первом случае в начальный момент в системе находится воздух, далее вода с расходом 1,84 кг/с попадает в трубу и через отверстие вылетает струей по траектории в низ чаши (рис. 2). Давление в начале трубы было получено в ходе расчета и равно 3814 Па.

Во втором варианте (рис. 3) на систему воздействует ветер по направлению вылета струи. Скорость ветра была принята 2 м/с, как средняя скорость ветра в Санкт-Петербурге.

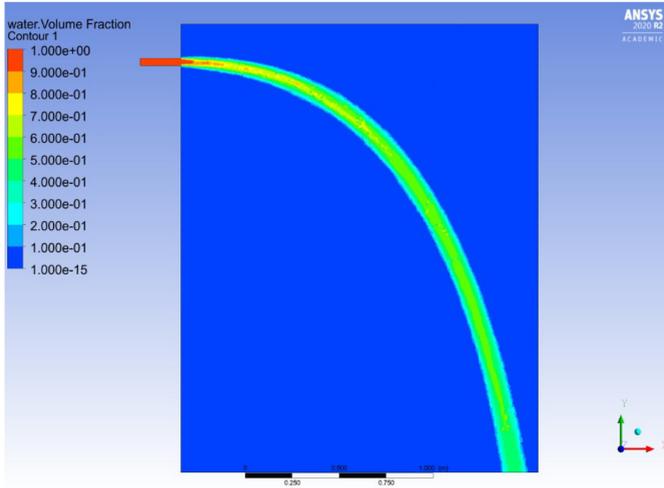


Рис. 2. Модель струи (результат на 15 секунде эксперимента)

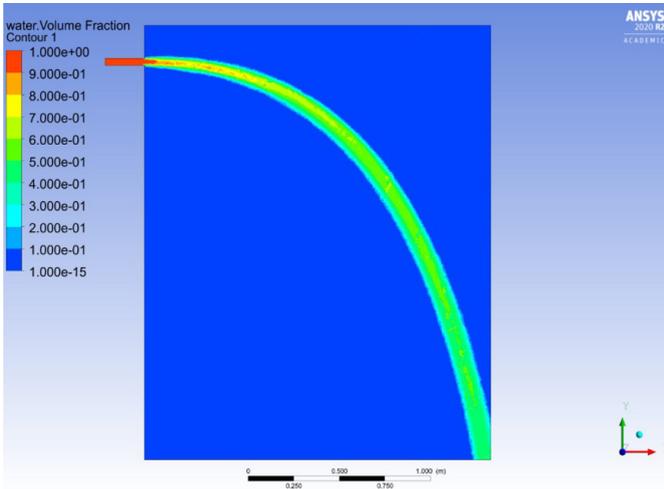


Рис. 3. Модель струи под действием ветра (результат на 15 секунде эксперимента)

Анализируя результаты моделирования, можно сделать вывод, что аналитические расчеты верны: напоры в обоих вариантах расчета получились приблизительно равны 0,4 м; на графическом отображении траектории струи (см. рис. 2) видно, что точка падения струи находится в пределах чаши. Стоит отметить, что при наличии ветра (см. рис. 3) наблюдается незначительный унос воды за пределы чаши фонтана, который может образовывать лужи на близлежащей территории. Таким образом, с помощью моделирования системы можно проверить и скорректировать расчеты, снизить вероятность появления неполадок во время эксплуатации.

Литература

1. Фонтан. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фонтан> (дата обращения: 10.03.21).
2. Спышнов П. А. Фонтаны: Описание, конструкции, расчет. М.: Государственное издательство архитектуры и градостроительства, 1950. 172 с.

УДК 628.24

Лю Сюэлян, студент

Юрий Вячеславович Столбихин,

канд. техн. наук

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: lixuueliang6@yandex.ru,

stolbikhin@bk.ru

Liu Xueliang, student

Iurii Viacheslavovich Stolbikhin,

PhD in Sci. Tech.

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: lixuueliang6@yandex.ru,

stolbikhin@bk.ru

РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВ LID В ПРОГРАММЕ SWMM

SURFACE FLOW REGULATION WITH LID DEVICES USING THE “SWMM” SOFTWARE

Статья рассматривает возможность регулирования поверхностного стока с помощью устройств *LID* в программе *SWMM*. Представлены основные виды устройств *LID*, и приведен опыт использования таких устройств в Китае. Построена модель канализационной сети поверхностного стока и устройств *LID* для территории в Пекине. В результате изучения особенностей застройки этого района, площадей зон различной проницаемости (9 разных зон), определено местоположение устройств *LID*. Моделирование канализационной сети выполнено в программе *SWMM*. Результаты моделирования подтвердили перспективность использования устройств *LID* для регулирования поверхностного стока и улучшения пропускной способности дождевой канализации.

Ключевые слова: *LID*, устройство *LID*, проницаемость, программа *SWMM*, моделирование ливневой канализации.

The paper considers the possibility of regulating surface runoff using LID devices in the SWMM program. The main types of LID devices are presented, and the experience of using such devices in China is given. A model of the surface runoff sewer network and LID devices for the territory in Beijing is made. As a result of studying the features of the development of this area, the areas of zones of different permeability (9 different zones), the location of the LID devices was determined. The simulation of the sewer network is performed in the SWMM program. The simulation results confirmed the prospects of using LID devices for regulating surface runoff and improving the capacity of rainwater drainage pipeline system.

Keywords: LID, device LID, permeability, SWMM software, storm sewer simulation.

Развитие с низким уровнем воздействия (*LID*) – это термин, используемый в Канаде и США для описания подхода к планированию земли и инженерному проектированию для управления ливневым стоком как части зеленой инфраструктуры. *LID* делает упор на сохранении и использовании природных объектов для защиты качества воды.

В связи с ускоренным развитием урбанизации в Китае в последние годы, старая канализационная система постепенно становится перегруженной и проблемы наводнений и все более серьезного загрязнения воды также стали актуальными. При строительстве большинства городов и поселков не полностью учитывались отводы дождевой воды и сточных вод. Даже сейчас во многих городских районах применяется общесплавная канализационная система, которая не только не отвечает требованиям качества отвода сточных вод, но и не способна в полной мере отвести дождевой сток во время ливней, что сопровождается наводнениями.

В октябре 2014 года Министерство жилищного строительства и городского и сельского развития выпустило «Техническое руководство по строительству в Губке-Сити – строительство водосточной системы с низким уровнем воздействия (испытание)» с целью обобщения опыта проектирования и строительства, полученного в ходе пилотного проекта, с дальнейшим продвижением этих решений для всей страны.

Основными устройствами *LID*, которые используют для целей регулирования расходов поверхностного стока при создании таких проектов, являются: «пруд для биологического задержания», «зеленая крыша», дождевой сад, накопительные емкости, в т. ч. бочки, дренажный канал, проницаемое мощение и инфильтрационная канава [1].

Концептуально устройство *LID* на примере дождевого сада показано на рис. 1. Поверхностный сток поступает на верхний слой

и инфильтруется в специально подготовленный почвенный слой, способствующий произрастанию растительности, характерной для болотистой местности. Далее вода просачивается в накопительный слой, состоящий из крупного щебня или гравия. Из него вода фильтруется в нижерасположенный грунт, а также может быть отведена перфорированными трубами [2].

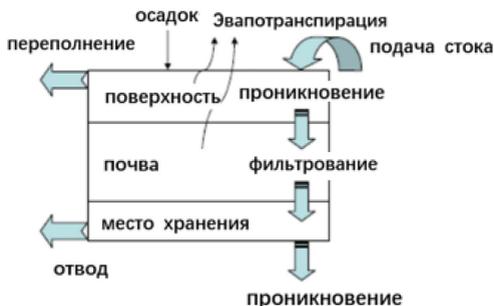


Рис. 1. Концептуальное представление стандартного блока *LID*

В работе было проведено моделирование работы ливневой канализации в программе *SWMM*. Для моделирования была выбрана территория в Пекине, Китай, на котором было наводнение, длившееся неделю, начиная с 26 июня 2018 года. Из-за плотной застройки и большой площади асфальтового покрытия непроницаемая часть этой области слишком высока, что, в свою очередь, приводит к тому, что величина образующегося поверхностного стока в этой области больше, чем в других областях за время ливня. Поэтому моделирование этой территории представляет собой большой практический интерес.

Для моделирования *LID* в районе с высокой концентрацией зданий использованы следующие устройства *LID*: дождевой сад, зеленая кровля и проницаемое мощение [2].

Поскольку на этой территории расположены группы зданий разной плотности, для точности моделирования разделено на 9 районов, как показано на рис. 2.

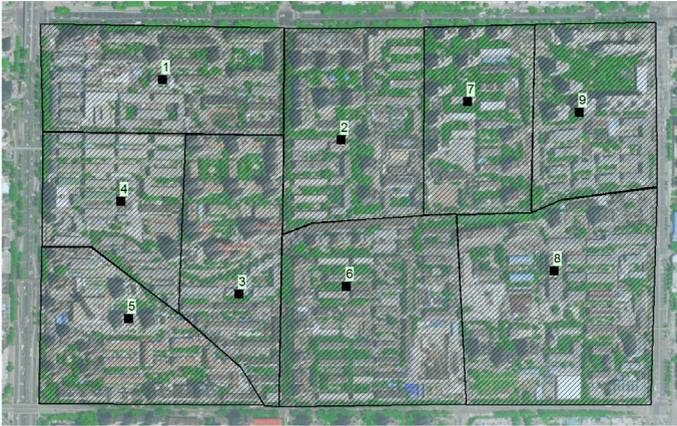


Рис. 2. План территории, разбитый на районы в программе *SWMM*

В табл. 1 представлены данные по районам данной территории, в том числе процентное соотношение площадей различных видов покрытий к общей площади района, а также наличие тех или иных применяемых устройств *LID* (А – зеленая крыша; Б – проницаемое мощение; В – дождевой сад).

Климат Пекина умеренный муссонный, характеризуется высокой температурой большим количеством осадков летом и холодной и сухой зимой. Среднегодовая сумма осадков составляет 644,2 мм. Для анализа поверхностного стока на международном уровне часто используется чикагская модель [3], и она была взята за основу при моделировании в данной работе.

С помощью программы имитации дождя Пекинским университетом гражданского строительства и архитектуры был получен график изменения количества осадков во времени, как показано на рис. 3. Из рис. 3 видно, что максимальное значение осадков приходится на 1,5 часа от момента начала дождя, что является рекомендацией [4]. Этот график отражает количество выпадающих осадков, и он был перенесен в программу *SWMM* в качестве исходных данных.

Таблица 1

Доля состава на районах и их устройства *LID*

Район	Общая площадь, Га	Площадь различных видов покрытий в процентном соотношении от общей площади				Устройства <i>LID</i>
		кровли	асфальт	газоны	водонепроницаемые покрытия	
1	14,20	55 %	28 %	11 %	6 %	А Б
2	14,82	43 %	29 %	23 %	5 %	А Б В
3	12,41	41 %	30 %	26 %	5 %	А В
4	10,41	61 %	24 %	8 %	7 %	А Б
5	12,70	57 %	28 %	13 %	2 %	А Б
6	18,35	40 %	26 %	23 %	11 %	А Б В
7	11,22	34 %	25 %	31 %	10 %	Б В
8	21,27	41 %	27 %	25 %	7 %	А Б В
9	11,71	40 %	26 %	29 %	5 %	А Б В
общий	127,10	46 %	27 %	21 %	6 %	–

В результате моделирования и обработки данных получен результат, показывающие, что устройства *LID* являются перспективным способом для регулирования поверхностного стока (процент снижения расхода поверхностного стока достигает 41 %). Изменение расхода поверхностного стока в 9 районах показано в табл. 2. На рис. 4 только показано изменение расхода поверхностного стока для района 1.

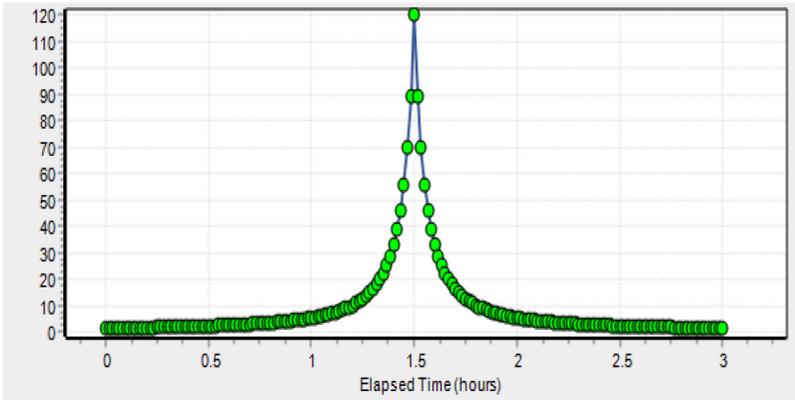


Рис. 3. Линейный график изменения количества выпадающих осадков. Ось X – время дождя в течение 3 часа, ч; ось Y – количество осадка, мм/ч.

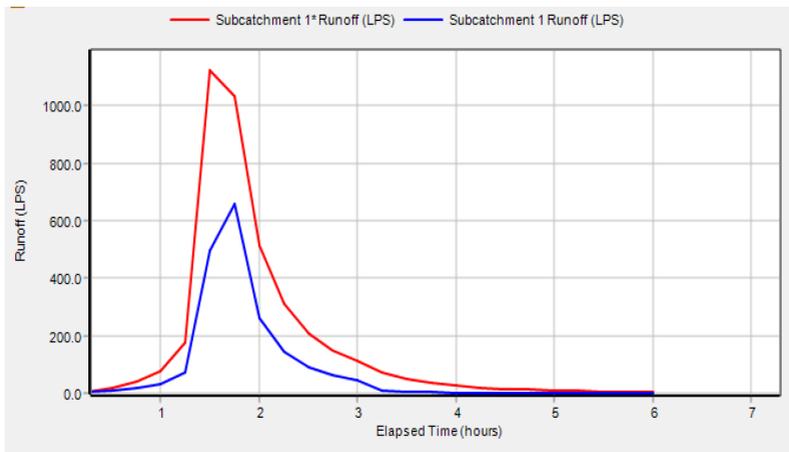


Рис. 4. Изменение расхода поверхностного стока на районе 1. Ось X – время, ч; Ось Y – Расход поверхностного стока, л/с. Синяя линия соответствует зарегулированному расходу с помощью устройств LID

Таблица 2

Изменение расхода поверхностного стока на 9 районах

Район	Устройства LID	Пиковый расход поверхностного стока, л/с	Пиковый расход поверхностного стока с раздельным применением устройств LID, л/с	Процент снижения расхода поверхностного стока, %	Пиковый расход поверхностного стока с применением всех устройств LID, л/с	Процент снижения расхода поверхностного стока, %	Коэффициент поверхностного стока	Коэффициент поверхностного стока применением всех устройств LID
1	зеленая крыша	1124	732	35%	657	42%	0,945	0,429
	проницаемое мощение		872	22%				
2	зеленая крыша	1044	807	23%	658	37%	0,917	0,431
	проницаемое мощение		896	15%				
	дождевой сад		872	17%				
3	зеленая крыша	999	751	25%	594	41%	0,934	0,512
	дождевой сад		767	24%				
4	зеленая крыша	958	549	43%	460	52%	0,950	0,413
	проницаемое мощение		755	21%				
5	зеленая крыша	1063	676	37%	587	45%	0,947	0,438
	проницаемое мощение		870	19%				
6	зеленая крыша	1322	1080	18%	781	41%	0,940	0,397
	проницаемое мощение		1190	10%				

Окончание табл. 2

Район	Устройства LID	Пиковый расход поверхностного стока, л/с	Пиковый расход поверхностного стока с раздельным применением устройств LID, л/с	Процент снижения расхода поверхностного стока, %	Пиковый расход поверхностного стока с применением всех устройств LID, л/с	Процент снижения расхода поверхностного стока, %	Коэффициент поверхностного стока	Коэффициент поверхностного стока применением всех устройств LID
6	дождевой сад	1322	1174	12%	781	41%	0,940	0,397
7	проницаемое мощение	994	767	23%	615	39%	0,948	0,670
	дождевой сад		690	31%				
8	зеленая крыша	1375	1018	26%	898	35%	0,915	0,386
	проницаемое мощение		1201	13%				
	дождевой сад		1216	12%				
9	зеленая крыша	928	702	24%	583	38%	0,924	0,443
	проницаемое мощение		742	20%				
	дождевой сад		819	18%				
средний процент снижения поверхностного стока						41%		

Литература

1. Storm Water Management Model (SWMM). URL: <http://rway.ru/publication/publication71-2180.aspx> (дата обращения: 14.01.2021).
2. Rossman L. A. Modeling Low Impact Development Alternatives with SWMM. Journal of Water Management Modeling. 2010. R236-11. P. 167–182.

3. Suhjung J., Minock C., Jaeyoung Y., Yongnam Y., Sangdan K., Geonha K., Leehyung K., Hafzullah A. Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. Decision Support Systems. 2005. Vol. 212, Issue 2. P. 344–356.

4. Research on Rainfall Pattern of Urban Design Storm. URL: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-SKXJ801.006.htm (дата обращения: 14.01.2021)

УДК 628.237

Антон Павлович Мандров,

магистрант

Анна Максимовна Телятникова,

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: a.mandrov2506@gmail.com,

kononova.a.m@lan.spbgasu.ru

Anton Pavlovich Mandrov,

student

Anna Maksimovna Telyatnikova,

postgraduate student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: a.mandrov2506@gmail.com,

kononova.a.m@lan.spbgasu.ru

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДИФФУЗИИ ГАЗОВ ОТ СООРУЖЕНИЙ НА СЕТЯХ КАНАЛИЗАЦИИ

MODELS AND METHODS FOR CALCULATION OF GAS DIFFUSION FROM STRUCTURES ON SEWERAGE NETWORKS

В данной работе рассмотрена проблема выброса газов, образующихся в сооружениях на сетях канализации, в приземные слои атмосферы. Данное явление способно оказывать неблагоприятное воздействие на живые организмы и окружающую среду. Во избежание последствий негативного воздействия необходимо производить учет распространения газового облака в воздушном пространстве. В процессе исследования данного вопроса были выявлены основные факторы, оказывающие влияние на поведение выбрасываемого потока. К ним относятся: метеорологические условия, плотность застройки, рельеф местности и физико-химические характеристики газов. Были рассмотрены виды устойчивости атмосферы, определяющие особенности оформления газовых струй в пространстве. Проанализированы основные модели расчета распространения газов в атмосферном воздухе и установлены их отличительные недостатки для решения поставленной задачи. Предложено применение численного моделирования процесса диффузии газов в программном пакете *ANSYS CFX*.

Ключевые слова: диффузия газов, канализационные газы, численное моделирование, устойчивость атмосферы, ANSYS CFX, санитарно-экологическая безопасность.

In this work, the problem of the emission of gases generated in sewage facilities in the surface layers of the atmosphere is considered. This phenomenon is capable of adverse effects on living organisms and the environment. In order to avoid the consequences of negative impact, it is necessary to spread the gas cloud in the air. In the process of studying this issue, the main factors influencing the behavior of the ejected stream were identified. These include: meteorological conditions, building density, terrain and physical and chemical characteristics of gases. The types of stability of the atmosphere, which determine the features of the design of gas jets in space, were considered. We have analyzed the main models for calculating the spread of gases in the atmospheric air and have established their distinctive shortcomings for solving the problem. The application of numerical modeling of the gas diffusion process in the ANSYS CFX software package is proposed.

Keywords: gas diffusion, sewage gases, numerical modeling, atmospheric stability, ANSYS CFX, sanitary and environmental safety.

В последние несколько десятилетий особую актуальность приобрело изучение процесса выброса вредных веществ в атмосферу с целью предотвращения негативных последствий. Как правило, большая часть загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду, является продуктом специфических источников загрязнения. Одним из таких источников является и канализационная сеть. Образующиеся в ней газы выделяются в приземные слои атмосферы через отверстия и неплотности люков сооружений. Распространение канализационных газов в городской среде имеет ряд негативных последствий, в том числе ощущение неприятного запаха, раздражения слизистых оболочек и даже возможность токсического отравления. Для обеспечения санитарно-экологической безопасности вокруг подобных объектов необходимой мерой является определение площади распространения загрязнений. Это позволяет изолировать опасные участки за счет установления границ санитарно-защитных зон.

На дальнейшее распространение выделившегося газового облака существенно влияют рельеф местности, особенности город-

ской застройки, а также совокупность метеорологических условий. Ключевое значение имеют именно метеорологические характеристики атмосферы, к которым относятся:

- температурный градиент;
- скорость ветра, его направление, размер вихрей;
- влажность воздуха;
- давление.

В зависимости от данных факторов выделяют три вида стратификации атмосферы: устойчивая, нейтральная и неустойчивая [1]. Нейтральная или безразличная стратификация соответствует условиям малых температурных градиентов [2]. При неустойчивом состоянии наоборот наблюдается наиболее резкое понижение температуры при увеличении высоты. В результате, при достижении критических состояний, горячий воздух из нижних слоев атмосферы импульсами поднимается наверх. Происходит перемешивание воздушных масс и образование термиков [3]. При данном виде устойчивости фиксируются максимальные величины коэффициента турбулентной диффузии, а следовательно рассеивание газового облака идет наилучшим образом [4]. В случае устойчивой атмосферы образующееся газовое облако относительно мало, поэтому концентрации в нем значительно выше, чем в случае неустойчивой атмосферы. Общий вид формирующихся в различных условиях струй представлен на рис. 1.

В настоящее время существует несколько основных подходов для количественного описания процесса диффузии загрязняющих газов в атмосферном воздухе:

- модель главной геофизической обсерватории;
- Гауссовская модель;
- модели рассеивания, базирующиеся на интегральных законах сохранения.

Для учета распространения газообразных выбросов наиболее часто используют модель главной геофизической обсерватории (ГГО) [2]. Она основана на аналитическом решении основного уравнения атмосферной диффузии и имеет вид:

$$C(x, y, 0) = \frac{M}{(1+n)K_1\varphi_0x^2\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u_1H^{1+n}}{K_1(1+n)^2x} - \frac{y^2}{2\varphi_0^2x^2}\right), \quad (1)$$

где M – интенсивность выброса, кг/с; φ_0 – дисперсия направления ветра; n – показатель степенной зависимости скорости ветра от высоты; K_1, u_1 – коэффициент турбулентного обмена и скорость ветра на уровне z_1 , соответственно, z_1 – высота слоя вытеснения, то есть высота некоторого условного уровня отсчета, при котором получена наилучшая аппроксимация профиля ветра степенным законом в слое, лежащем выше слоя травостоя.

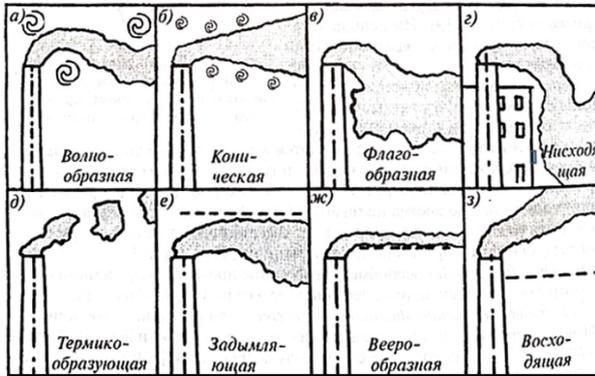


Рис. 1. Формы дымовых струй характерные для различных видов стратификации: а, б, в, з – нейтральной; д – неустойчивой; е, ж, з – устойчивой [1]

Частное решение уравнения (1) для выброса от одиночного точечного источника с круглым устьем отражено в действующей нормативной документации [5] и применяется для оценки воздействия на окружающую среду промышленных объектов:

$$C_m^0 = \frac{AMFm\eta}{H^2\sqrt[3]{V\Delta T}}, \quad (2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; ΔT – разность температур между температурой вбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего воздуха, °C; V – расход выбрасываемого газа при нормальном давлении, м³/с; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа.

Уравнение (2) содержит ряд допущений, которые в конечном счете сказываются на полноте учитываемых условий. Модель ограничена по таким ключевым параметрам, как особенности рельефа местности и вид стратификации. Кроме того, ГГО позволяет выполнять расчет только для условий стационарного состояния системы. Результаты натурных измерений на действующих промышленных объектах [6–8] подтверждают высокую степень погрешности при определении расчетных величин по данной методике.

Гауссовская модель позволяет описать процессы турбулентной диффузии загрязняющих веществ как стационарных, так и в нестационарных условиях (3):

$$C(x_1, x_2, x_3, t) = \frac{M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{(x_1 - x_{10} - u_1(t - t_0))^2}{2\sigma_1^2}\right) \times \left[\exp\left(-\frac{(x_1 - x_{20})^2}{2\sigma_2^2}\right) + \exp\left(-\frac{(x_1 - x_{30})^2}{2\sigma_3^2}\right) \right] \quad (3)$$

где σ_x , σ_y , σ_z – условное стандартное отклонение облака по осям x , y , z соответственно.

Однако, она имеет значительные погрешности при моделировании процессов распространения газов с плотностью, отлич-

ной от плотности атмосферного воздуха. Кроме того, модель плохо учитывает особенности распределения газа вблизи источника загрязнения на расстоянии менее 100 м [4].

В основе интегральных моделей лежат законы сохранения интегральных характеристик, таких как масса, импульс и энергия. Фиксация изменения данных характеристик ведется не по всему изучаемому объему, а только на его границах, что позволяет существенно упростить модель. Для определения требуемых параметров внутри объема каждому из них присваивается закон распределения в форме Гауссовской зависимости или степенной функции. Принципиальным отличием данной модели от Гауссовского распределения является наличие ядра потока, имеющего постоянную концентрацию. Это позволяет учитывать процесс постепенного размытия газового облака от периферии к центру в течение времени. Кроме того, интегральные модели позволяют описывать процессы пространственного распространения тяжелых выбросов с плотностью больше плотности атмосферного воздуха. Данные модели учитывают широкий спектр аэродинамических процессов, таких как: движение облака с переменной скоростью ветра; гравитационная диффузия; рассеивание выброса в вертикальном и горизонтальном направлении из-за смещения с воздухом; вовлечение водяного пара из атмосферы в облако; нагрев или охлаждение газового потока. К настоящему моменту свое отражение данная категория моделей получила в программных комплексах «ТОКСИ-3», «HGSYSTEM», «UDF». Но, как и предыдущие модели, интегральная модель обладает рядом ограничений, прежде всего, касающихся учета рельефа местности и особенностей застройки.

Каждая из представленных моделей имеет как ряд преимуществ, так и ряд недостатков в ключе рассматриваемой проблемы. Возможность корректного применения модели главной геофизической обсерватории для наземных источников загрязнения атмосферы, к которым относится и канализационная сеть, является весьма сомнительной. В соответствии с Приказом Минприроды России

от 06 июня 2017 года № 273 [5] при определении максимальной приземной концентрации от наземного источника необходимо задаваться высотой источника (H) равной 2 м. В случае выделения тяжелых канализационных газов, например сероводорода, достижение такой высоты вряд ли является возможным. Гауссовская модель дает нестабильное решение при малых расстояниях удаления газов от источника, что также плохо соотносимо с решением задачи распространения газов от системы канализации. Массовые расходы загрязнений, выделяемые канализационной сетью значительно ниже, чем расходы от промышленных объектов. В связи с чем пространственное распространение газового облака будет ограничиваться десятками метров. Кроме того, корректное моделирование распространения сероводорода, как тяжелого газа, в рамках Гауссовской модели также невозможно. Интегральные модели имеют ряд преимуществ, однако существенно уступают моделям, основанным на численном решении полной системы уравнений газодинамики [9], так как хуже учитывают топографические характеристики.

Вышеупомянутые недостатки не свойственны моделям, реализующим принцип *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Использование численных методов позволяет наиболее точно предсказать распространение облака газа, так как решение основных уравнений газодинамики выполняется численно в условиях малых пространственных и временных интервалов. Данный подход реализует множество пакетов, в том числе *ANSYS CFX*, базирующийся на методе конечно-элементного анализа. Данный программный комплекс позволяет выполнять физическо-математическое моделирование процесса диффузии различных видов выбрасываемых газов или их смесей с учетом влияния всех основных метеорологических, топографических параметров и особенностей застройки. В связи с этим авторы считают перспективным применение численного моделирования в *ANSYS CFX* для решения задачи обеспечения санитарно-экологической безопасности атмосферного воздуха вокруг сооружений на сети канализации.

Литература

1. Гиргидов А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика). М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 704 с.
2. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеониздат, 1985. 272 с.
3. Хргиан А. Х. Физика атмосферы. М.: МГУ, 1986. 328 с.
4. Купцов А. В. Прогнозирование и экологическая оценка последствий выброса газа через свечу рассеивания при опорожнении технологического оборудования: дис. канд. тех. наук: 03.02.08. Каз. нац. иссл. техн. ун-т. Казань, 2016. 165 с.
5. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744278.pdf> (дата обращения: 23.03.2021)
6. Завгороднев А. В., Аكوпова Г. С., Толстова Н. С., Мельников А. В. Результаты исследований рассеивания в атмосфере организованных нестационарных выбросов газа на объектах газотранспортных предприятий // ТЕРРИТОРИЯ НЕФТЕГАЗ. 2011. № 12. С. 90–97.
7. Аكوпова Г. С., Ганага С. В., Толстова Н. С. Проблемы моделирования рассеивания залповых выбросов загрязняющих веществ (природного газа) в атмосфере // Трубопроводный транспорт. Теория и практика. 2010. № 1(17). С. 50–52.
8. Тунакова Ю. А. Мониторинг качества атмосферного воздуха в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска) // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 23. С. 183–187.
9. Шаталов А. А., Лисанов М. В., Печеркин А. С. и др. Методика расчета распространения аварийных выбросов, основанная на модели рассеяния тяжелого газа // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 9. С. 46–52.

УДК 628.17

Йестин Джаред Матура, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ymathura10@yahoo.com

Yestin Jared Mathura, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ymathura10@yahoo.com

WATER CRISIS IN DEVELOPING NATIONS AND POSSIBLE WAYS TO PROVIDE THESE NATIONS WITH CLEAN DRINKING WATER

НЕХВАТКА ВОДЫ В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ЧИСТОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ

Water is a basic human need. Without it, survival is not possible. Yet, in 2021, over 1 billion people still are without access to clean water. What this equates to is millions of families around the world do not drink, cook, or bathe with clean water, a basic natural resource that we too often take for granted in these privileged nations. For most rural schools and communities, access to clean water depends on outside NGOs (non-profit organizations) purchasing or “giving” a well. However, there are millions of schools and communities that do not have access to non-profit agencies or local government support. This paper considers numerous ways to provide water to developing countries.

Keywords: W.H.O. (World Health Organization), water exporting, rainwater harvesting, recycle grey water, dew and fog harvesting, desalination.

Вода – это основная потребность человека. Без нее выживание невозможно. Тем не менее, в 2021 году более 1 миллиарда человек все еще не имеют доступа к чистой воде. Это означает, что миллионы семей по всему миру не пьют, не готовят и не моются в чистой воде – базовом природном ресурсе, который мы слишком часто принимаем как должное в развитых странах. Для большинства сельских школ и обществ доступ к чистой воде зависит от внешних НПО (некоммерческих организаций). Однако, существуют миллионы школ и обществ, которые не имеют доступа к некоммерческим учреждениям, и никак не поддерживаются местными органами власти. В этой статье рассматриваются основные способы обеспечения развивающихся стран водой.

Ключевые слова: ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), экспорт воды, сбор дождевой воды, переработка «серых» сточных вод, сбор тумана и росы, обессоливание.

Figure 1 shows the average consumptions per person and day in litres, showing 3 distinct values [1]. Just for simple essential use and survival, a person should have access to a minimum amount of 50 litres of fresh water daily, yet today in Africa the average value is well below 50, but rather hovers around 20, less than half the essential value.

To combat this issue, several solutions can be put into place. These options speak directly to governments seeking solutions to providing water to their nations while enlisting the help of other organizations. In this article, five of the possible ways are examined. They are: water exporting, rainwater harvesting, grey water recycling, dew and fog harvesting, desalination.

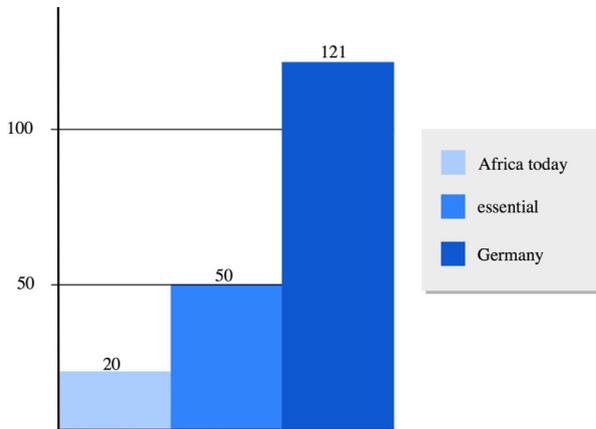


Figure 1. Average water consumption per person and day in litres [1]

1. Water exporting

Water exports involve exporting freshwater from one country to another. Large increases in human population and economic growth throughout the world during the twentieth century placed a huge stress on the world's freshwater resources. Water shortages have become an international concern, and freshwater has been described as “blue gold” and “the oil of the 21st Century.”

The heavily populated districts of southern Kazakhstan and adjacent Central Asian states occupy very similar position in relation to Russia's Siberia as the south-western. Siberian rivers, as well as rivers of northern European Russia flow into the seas of the Arctic Ocean, while that water could be much more profitably used for irrigated agriculture by Russia's southern neighbours. Proposals for large-scale transfer of water from the Ob River in Siberia to the Aral Sea basin in Kazakhstan and Uzbekistan have been seriously considered by the Soviet federal government already in the 1960-80s, when all republics involved were members of the then USSR [2]. While welcomed by many in Central Asian republics, the project received severe criticism from many scientists as well as prominent writers and journalists in Russia, such as Valentin Rasputin and Sergey Zalygin, sometimes known collectively as the "Siberian environmental lobby".

2. Rainwater harvesting

Collecting and harvesting rainwater works in a four-part process either active or passive. Active harvesting addresses the needs of human life, wildlife and irrigation. Passive is more for green life landscape and gardening. By the year 2020, UNESCO predicted a worldwide water shortage; but for developing countries, this shortage has long existed and continues to plague these struggling societies. A useful and rather inexpensive way of water acquisition for these countries is through rainwater harvesting. Rainwater harvesting means capturing, diverting and storing non-potable water for later use. The passive process follows the same process with the exception of treatment and usage, and addresses the survival of plant and soil life. The Active Process, on the other hand, involves the following steps:

- Collection: catch rainwater on a surface like a roof and then directing it into a storage container;
- Storage: depending on the size of the populace (city/town), this step involves clean barrels, tanks and/or reservoirs to catch as many gallons of water as possible;
- Treatment – The screening of water for debris and bugs via the use of fine mesh or cloth to help sift waste and rubbish from the wa-

ter. Boiling the water for a few minutes prior to use kills disease and parasites in the water;

- Usage – Uses smaller cisterns for distribution, and it's imperative to use only what one needs.

3. Grey water recycling

Grey water is leftover gently used water from baths, laundry and cooking, and if kept free from faeces and other harmful chemicals, filtered grey water is safe for reuse. Safe drinking water isn't the only concern. There is a scarcity of water in general, for bathing and sanitation. Recycling of grey water is yet another way to provide water for developing countries. Recycling water helps with water conservation and management through reuse and is also leaning more to green-living.

4. Dew and Fog Harvesting

Dew and fog are alternative sources of freshwater. The process involves the hanging of the harvesting nets vertically in order to catch fog and then collecting it in a reservoir placed beneath the nets. The mesh catches debris, keeping the water clean for multiple uses. Harvesting both requires little to no expense.

5. Desalination

Desalination offers hope by turning salt water into fresh water. Salt water makes up 95,6 percent of all Earth's water. This is probably one of the most expensive and process intensive procedures of attaining water, but with help from organizations like "Ride4Water", poorer countries can produce more fresh water for consumption and sanitation from its saltwater counterpart. As depicted in the figure 3 to the top of this text shows a simple graph displaying where the earth's water is contained. 2,5 % of water on the Earth is fresh water, and over two thirds of this is frozen in glaciers and polar ice caps. Therefore, only approximately 0,8333 % of the world's water is being used by everyone and this is circulated [3]. The remaining unfrozen freshwater is found mainly as groundwater, with only a small fraction present above ground or in the air. Fresh water is a renewable resource, yet the world's supply of groundwater is steadily decreasing, with depletion occurring most prominently in Asia, South America and North America.

Where is Earth's Water?

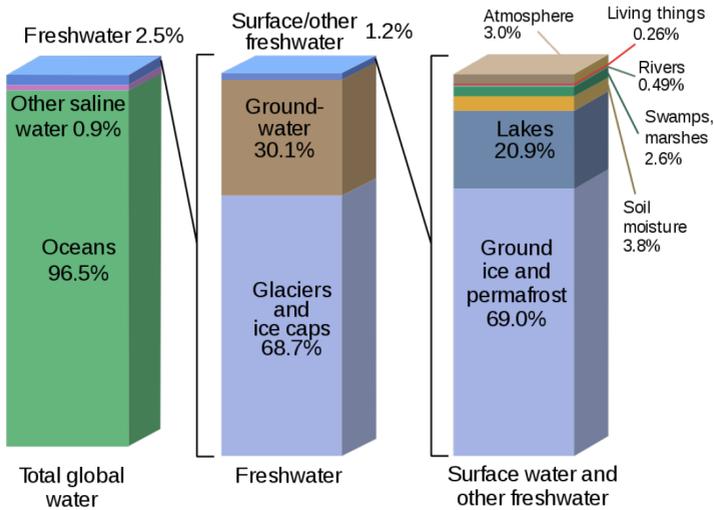


Figure 2. World fresh water resources [3]

In conclusion, the importance of water to a nation's development was briefly discussed. We went further to talk about 5 ways to combat this issue, and what each of these methods mean and how they work. Although all methods mentioned above are good and proven, the question still remains to be answered, is it truly viable? Can these poor underdeveloped nations who lack simple infrastructure and funds to get even the simplest processes done with any form of efficiency really afford any of these solutions mentioned above? Even if by some miracle they can, how long would it take from conception to actually implementing these systems and getting everything up and running, getting the water to its underprivileged citizens in vulnerable positions. This is where the solution of Atmospheric Water Generators or "AWG's" can prove useful as a quick, ready to go, off-the-shelf, low maintenance alternative that requires very little training to operate and use.

Atmospheric Water Generators generates water from air. This method involves dehumidifying air through a heat exchange system. The heat cools the air and concentrates water vapor, which then be stored in an internal tank until it's ready for use. Atmospheric Water Generators (AWGs) are energy efficient and low-cost and can be set up and operational within days.

References

1. Mathematics for Sustainability: Student Blog Spring 2015. URL: <https://sites.psu.edu/mfsblog/author/dtb5140/> (date of reference:23.01.2015)
2. Ronnie D. Lipschutz, Ken Conca, The State and Social Power in Global Environmental Politics. Columbia University Press, 1993. 363 P.
3. Gleick P. H. World fresh water resources. A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford university press. 1993. 504 P.

УДК 628.292

Алексей Николаевич Морозов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: lekc_morozoff@mail.ru

Aleksey Nikolaevich Morozov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: lekc_morozoff@mail.ru

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ КНС НА ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАЗЛИЧНОГО ПРОФИЛЯ

IDENTIFICATION OF THE MAIN REASONS FOR THE FAILURE OF THE SPS ON THE STORM SEWER AT ENTERPRISES OF VARIOUS PROFILES

Канализационная станция является важной частью водного коммунального хозяйства населенного пункта или промышленного предприятия. Выход из строя канализационной насосной станции на ливневой канализации может вызвать ухудшение санитарных условий жизни населения и привести к большим финансовым потерям эксплуатирующих организаций и предприятий. Рассмотрены основные составляющие поверхностного стока, попадающего

в ливневую канализацию. Приведен анализ состава поверхностных сточных вод, а также концентрация загрязняющих веществ в зависимости от степени благоустройства и застройки территории. Указаны основные причины выхода из строя канализационной насосной станции.

Ключевые слова: ливневая канализация, авария, осадок, поверхностный сток, насосная станция.

A sewage station is an important part of the water utilities of a settlement or industrial enterprise. Failure of a sewerage pumping station on a storm sewer can cause a deterioration in the sanitary living conditions of the population and lead to large financial losses for operating organizations and enterprises. The main components of the surface flow entering the storm sewer are considered. The analysis of the composition of surface wastewater, as well as the concentration of pollutants, depending on the degree of improvement and development of the territory. The main reasons for the failure of the sewage pumping station are indicated.

Keywords: storm sewer, failure, sediment, surface flow, pumping station.

Одной из основных задач экологической безопасности охраны окружающей среды и технико-экономических проблем является очистка ливневых сточных вод города и промпредприятий. Состав сточных вод, попадающих в ливневую канализацию, включает в себя атмосферные осадки, приток грунтовых вод, воды от мойки территорий, поступление производственных и хозяйственно-бытовых, и близких к ним по содержанию стоков, как периодических, так и постоянных.

Разнообразие стоков, их режим поступления в канализацию и ряд факторов приводит к тому, что состав ливневых сточных вод становится очень сложным и переменным по составу.

Компоненты сточных вод находятся в различных фазово-дисперсных состояниях. Расход воды изменяется в широких пределах от минимального, относительно постоянного, до периодического максимального, который равен пропускной способности коллекторов [1].

Анализ состава поверхностных сточных вод с территорий крупных городов выявил высокий уровень их загрязненности. Концентрация загрязняющих веществ и большой объем талых

и дождевых вод в поверхностных стоках в течение года составляют до 75 % взвешенных веществ, 20 % органики, 63 % тяжелых металлов и 65 % нефтепродуктов.

Степень и характер загрязнений поверхностных сточных вод крупных городов зависит от множества факторов: санитарное состояние и уровень благоустройства территории, с которой собираются сточные воды. Большое значение имеют выпадающие осадки их продолжительность и интенсивность, засушливые периоды, интенсивность таяния снега.

Количество загрязнений, которые попадают в поверхностные сточные воды, зависит от количества населения, благоустройства территории, частоты уборки и полива улиц, поверхности дорожных покрытий. В последнее время с увеличением количества машин на улицах города увеличилось и загрязнение дождевых и талых стоков нефтепродуктами.

Загрязняющие вещества в поверхностных сточных водах можно разделить на 2 группы:

- частички пыли, песка, растворенные минеральные и органические вещества;
- соединения тяжелых металлов, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ).

Анализ состава поверхностных сточных вод показывает, что интенсивность и длительность дождя оказывает влияние на количество взвешенных веществ. Увеличение движения автотранспорта, количества автостоянок, гаражей, автозаправочных станций влияет на загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами.

Для определения качественных характеристик состава поверхностных сточных вод с территории города ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» провел анализ загрязнений Санкт-Петербурга.

В табл. 1 представлены концентрации загрязняющих веществ дождевого и талого стока Санкт-Петербурга для районов с различной застройкой и различной степенью благоустройства [2].

Состав сточных вод определяет условия эксплуатации канализационных насосных станций (КНС), которые обеспечивают при-

ем и накопление сточных вод, их механическую очистку и дальнейшую перекачку.

Таблица 1

**Концентрация загрязняющих веществ
поверхностного стока, мг/л**

	Дождевой сток		Талый сток	
	Взвешенные вещ-ва	Нефте- продукты	Взвешен- ные вещ-ва	Нефте- продукты
Современная застройка. Жилые районы с торговыми, медицинскими, учебными заведениями.	400–600	7–12	1300–1600	10–12
Старая застройка. Жилые районы с торговыми, медицинскими, учебными заведениями.	700–1000	10–15	1500–1700	10–15
Кровли зданий и сооружений	20	0,01–0,7	20	0,01–0,7
Территории, прилегающие к промпредприятиям	800–1200	12–20	2000–2500	12–20
Автомобильные магистрали и промзоны	800–1400	15–20	2500–3000	23–30

КНС являются важнейшей частью водного коммунального хозяйства любого населенного пункта. Улучшение санитарных условий жизни населения в современном мире подразумевает нормальное функционирование канализационных систем, с целью предотвращения развития и распространения различного рода инфекций и заболеваний. Отказ КНС способен привести к последующему отказу всего канализационного трубопровода, что станет причиной огром-

ных финансовых потерь, а также роста количества эпидемий различных инфекций. Поэтому необходимо учитывать большое количество факторов, влияющих на ввод в эксплуатацию КНС, а также на ее дальнейшее использование в системе канализации. Особенно остро проблема надежности КНС стоит применительно к крупным предприятиям, для которых даже кратковременное нарушение в работе КНС приводит к огромным финансовым потерям [3].

Задача энергетической оптимизации насосных станций состоит в том, чтобы учитывать рекомендуемые скорости потока, чтобы избежать риска осаждения и параллельно минимизировать потребность в энергии. Таким образом, существует компромисс между минимизацией потребления энергии и безопасным транспортированием сточных вод, избегая засорения.

По определенным причинам операторы насосной станции оценивают безопасную транспортировку сточных вод выше, чем возможную экономию энергии. Большинство операторов предполагают, что включение/выключение режима менее рискованно в отношении образования осадка. Но эта оценка страдает от: неизвестных знаний о фактическом осадочном поведении местной канализации и отсутствующей информации о возникновении осадочных процессов внутри насосной системы. Таким образом, детальная информация об обеих частях помогает эффективно и надежно управлять этими системами [4].

Согласно статистическим исследованиям, среди причин перебоев в работе КНС выделяют следующие:

- загрязнение и механическая непроходимость канализационных насосов, вызванная крупным мусором,
- отказ в работе или неравномерность работы насоса КНС, вызванная засорами и приводящая к изменениям КПД насоса, а также большому энергопотреблению,
 - засоры канализационных трубопроводов,
 - отсутствие своевременного обслуживания и ремонта вспомогательного оборудования (грабельные решетки, транспортер, обезвоживатель и т. д.),

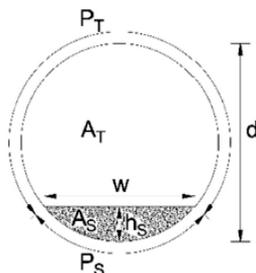


Рис. 1. Определение геометрических параметров напорных труб для расчета высоты осадка, A_T – свободное поперечное сечение потока (м^2), A_S – поперечное сечение отложений (м^2), P_T – смоченный периметр (м), P_S – периметр отложений (м), w – ширина отложения (м), h_s – высота осадка (м), d – диаметр трубы (м).

- ручная очистка решеток грабельного отделения от мусора, нарушение технологии,
- морально устаревшее оборудование,
- большой износ оборудования,
- сбой в цепях управления электрооборудованием,
- проектные нарушения,
- отсутствие современной автоматизированной системы управления и контроля за состоянием системы в процессе эксплуатации (наиболее остро стоит данная проблема в небольших населенных пунктах).

Литература

1. Галкин Ю. А. Разработка системы очистки сточных вод ливневой и промышленно-ливневой канализации крупных городов и промышленных предприятий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. № 4 (8). С. 64–70.
2. Духопельникова Н. Р. Поверхностные сточные воды, система отведения и их чистка в крупных городах // AlfaBuild. 2018. № 1 (3). С. 7–14.
3. Вишняков В. Н. Применение автоматизированного управления канализационными насосными станциями как средство повышения надежности их эксплуатации // В сборнике: Актуальные аспекты и приоритетные направ-

ления развития транспортной отрасли. материалы молодежного научного форума студентов и аспирантов транспортных вузов с международным участием. 2019. С. 35–39.

4. Martin Rinas, Jens Tränckner, Thilo Koechst. Sedimentation of Raw Sewage: Investigations for a Pumping Station in Northern Germany under Energy-Efficient Pump Control. *Water Sci. Technol.* 2019. 11, 40. 16 P.

УДК 532.685

Дарья Тагировна Мухаметшина,
студент

Елена Александровна Корнеева,
аспирант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: daryam0106@gmail.com,
linka360639020@yandex.ru

Daria Tagirovna Mukhametshina,
student

Elena Aleksandrovna Korneeva,
postgraduate student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: daryam0106@gmail.com,
linka360639020@yandex.ru

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА ГРУНТОВЫХ ВОД К ДРЕНАЖУ

DIGITAL SIMULATION OF GROUND WATERFLOW TO DRAINLINE

Данная статья рассматривает процессы моделирования притока грунтовых вод к совершенному дренажу. Реализация модели на базе конечно-элементного анализа *Ansys CFX (Computational Fluid Dynamics)* позволяет получить наглядную демонстрацию хода процесса с постепенным формированием кривой депрессии. Полученная фильтрационная модель близка к реальным условиям притока воды к перфорированному трубопроводу, что говорит о ее работоспособности. С последующей модернизацией данной модели возможно будет изучить особенности миграции двухфазной жидкости «нефть-вода». Данная модель может послужить основой для решения такого рода задач, значительно упрощая анализ результатов расчётов.

Ключевые слова: *Ansys CFX*, моделирование, дренаж, грунтовые воды, кривая депрессии, однофазная жидкость, двухфазная жидкость.

This article discusses simulation processes of groundwater inflow to the perfect drainline. Realization of the model on the finite-element analysis *Ansys CFX*

(Computational Fluid Dynamics) allows getting a visual demonstration of the process flow with the drawdown curve gradual formation. The resulting filtration model is similar to the real water groundwater inflow to the perforated pipeline, which shows us its efficiency. The further modernization of the model allows studying the two-phase liquid migration features (Oil-Water). The model can work as the base to solving such kind of problems by formidable simplifying the calculation results analysis.

Keywords: Ansys CFX, simulation, drainline, groundwater, drawdown curve, single phase liquid, two-phase liquid.

Моделирование процессов механики движения жидкости с помощью современного программного обеспечения – принципиально новый подход разработки инженерно-технических решений.

Использование новейших вычислительных технологий позволяет не только упростить решения задач проектирования и строительства, но и способствует спрогнозировать течение процессов.

В данной статье рассматривается процесс моделирования поступления грунтовых вод в перфорированный трубопровод. Изучению проектирования дренажных систем посвящено множество работ [1–4], включающих в свое рассмотрение расчеты объемов притока грунтовых вод к дренажу в зависимости от условий его расположения, построение кривой депрессии.

Применение метода конечно-элементного анализа на базе Ansys CFX для решения описываемой в статье задачи позволяет получить наглядный результат протекания процесса. Преимуществом также является возможность отслеживания физических параметров и величин в любой момент времени расчета.

Данная работа основана на создании модели, приближенной к плоской задаче. Реализация модели с заложением настоящих размеров участка сети требует больших вычислительных ресурсов и временных затрат. Расчет данной задачи длится около 2–3 сут., в зависимости от мощности используемого компьютера.

Упрощение расчетной схемы по сравнению с природной можно осуществить также путем уменьшения порядка мерности потока подземных вод и применения метода фрагментов [5].

Уменьшение мерности потока связано с приведением несовершенных горизонтальных дрен к совершенным, а также замены слоистой толщи однородной.

Согласно [6], при условии горизонтального залегания слоистой толщи и различии в коэффициентах фильтрации отдельных слоев не более, чем в 20 раз слоистая толща может быть приведена к однородной на основе формулы:

$$K_{\text{ср}} = \frac{K_1 m_1 + K_2 m_2 + \dots + K_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (1)$$

где K_n – коэффициент фильтрации отдельных осушаемых слоев грунта, м/сут; m_n – мощность соответствующих слоев, м.

Метод фрагментов обычно применяют для приведения планового потока к плоскому одномерному. Он основан на выделении из области фильтрации одного или нескольких фрагментов по осям симметрии или по линиям тока.

Таким образом, к расчету принимается упрощенная плоская модель (рис. 1), которая представляет собой участок грунтовой толщи размерами $5 \times 0,8$ м. Мощность водоносного пласта составляет 0,4 м. В качестве дренажа принимается труба квадратного поперечного сечения, стороной 0,25 м.

Первым этапом создания модели заключается в построении геометрических фигур (с помощью функции *Plane, Sketch, Extrude*) в виде параллелепипедов, подразумевающих собой грунт, грунтовые воды, трубу. Над построенной геометрией грунта было создано еще одно тело, подразумевающее воздушное пространство размерами $5 \times 0,1$ м.

Вторым этапом моделирования является генерация сетки (рис. 2) *Meshing*. Так как в данной модели все геометрические фигуры прямоугольной формы, принимается метод построения сетки из «гексов». Для построения более точной сетки уменьшаем размеры ячеек всех тел до 0,013 м.

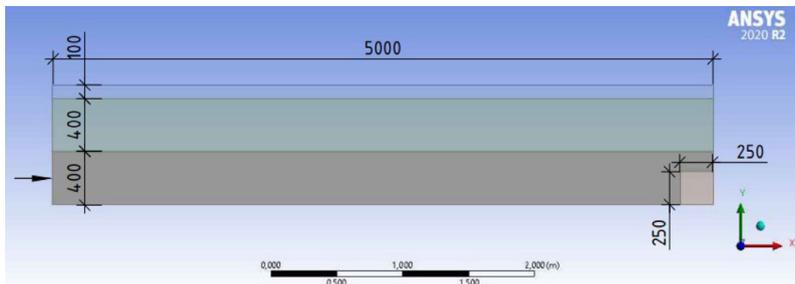


Рис. 1. Исходная геометрия расчетной модели

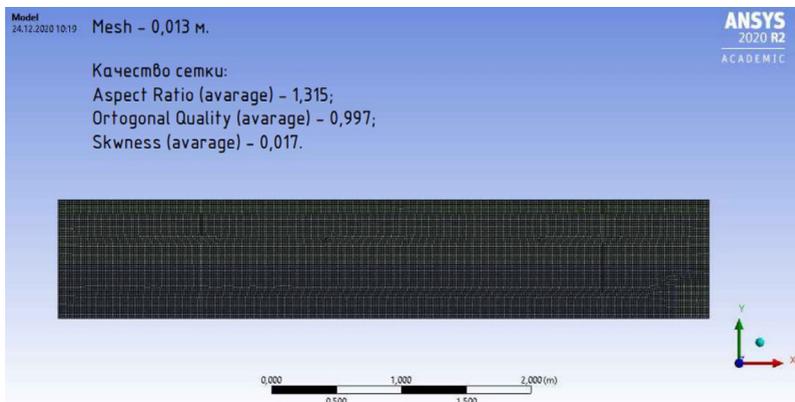


Рис. 2. Вид сгенерированной сетки

Заключительным этапом является задание граничных условий (рис. 3) и уточняющих параметров, соответствующих физическому смыслу. В данном процессе участвуют 4 домена, которые были построены на этапе геометрии:

- атмосфера;
- зона аэрации (слой грунта, поры которого заполнены воздухом);
- водоносный слой (слой грунта, поры которого заполнены водой);

- дренажный трубопровод (в начальный момент времени заполнен воздухом).

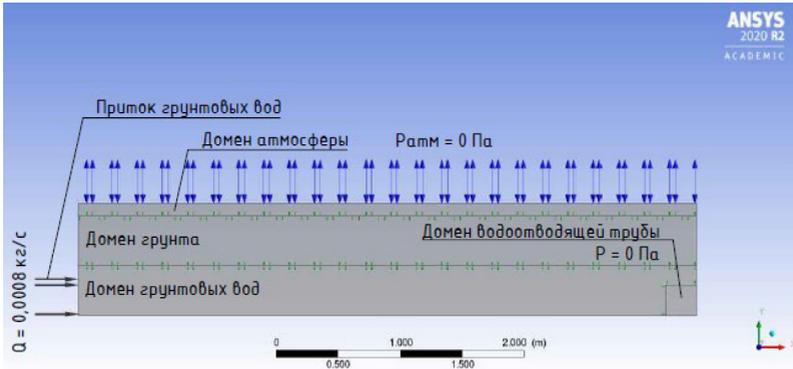


Рис. 3. Построение граничных условий

Для каждого домена были выбраны следующие основные параметры:

- тип домена, характеризующий его агрегатное состояние – *Fluid/Porous*;
- материал сред – *Water/Air*;
- присутствие фазы в начальный момент времени.

Для *Porous Domain* были заданы величины, характеризующие фильтрационные свойства грунта:

- величина пористости;
- величина проницаемости воды через грунт.

Для моделирования процесса движения грунтовых вод было задано граничное условие входа жидкости *Inlet* и значение расхода.

Граничное условие выхода жидкости *Opening*, характеризует процесс утекания воды из дренажа.

Для свободной циркуляции воздуха на верхней границе геометрии воздушной среды было также задано граничное условие *Opening*.

В настройках решателя было выбран тип решения – нестационарная задача *Transient*. Расчет производился на 1300 с, шаг по времени – 0,5 с.

Результатом произведенного расчета является наглядная демонстрация процесса притока грунтовых вод к дренажу с постепенным формированием кривой депрессии (рис. 4). По анимации, а также по построенному графику зависимости (рис. 5) расхода воды в трубе от времени можно сделать заключение, что в период формирования депрессионной воронки расход дренажных вод больше, чем при установившемся движении, а положение депрессионной кривой более высокое.

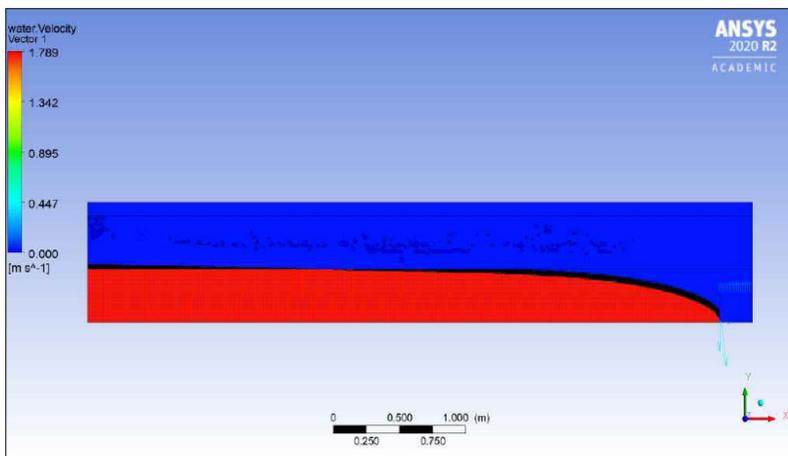


Рис. 4. Поле значений скорости водного потока.

Примечание: так как длина вектора скорости пропорциональна его значению, то векторы практически не различимы. Они заметны только при значительном увеличении и отображаются синим цветом.

Скорость фильтрации (скорость движения грунтовых вод), согласно Легенде, очень мала, что также соответствует действитель-

ности. Таким образом, на основании результатов произведенного расчета можно сделать вывод, что полученная фильтрационная модель близка к реальным условия притока воды к совершенному дренажу, что говорит о работоспособности построенной модели.

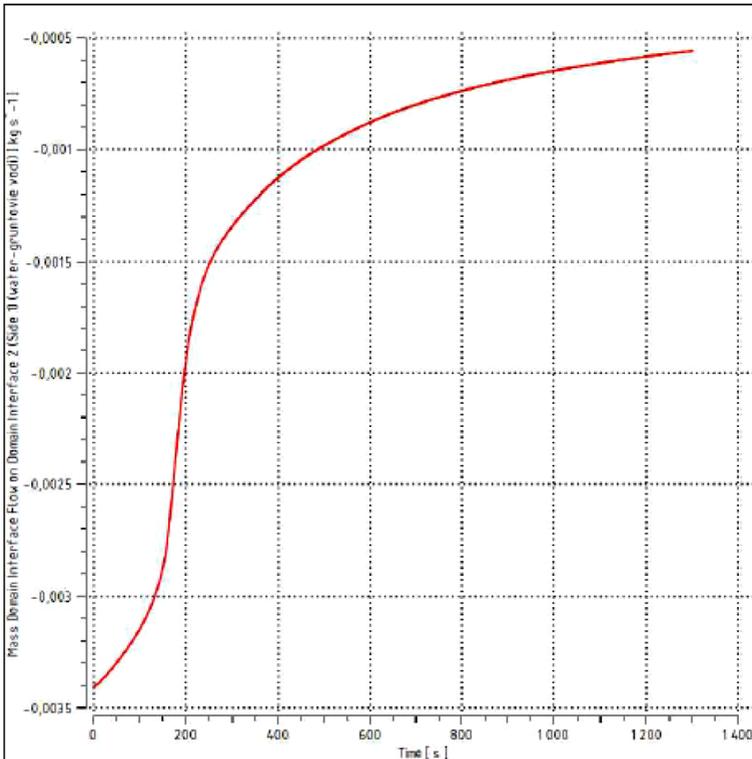


Рис. 5. График изменения расхода воды в отводящей трубе

С последующей модернизацией данной модели возможно будет оценить не только характер поведения однофазной жидкости в различных гидрогеологических условиях, но и изучить особенности более сложного процесса – поведения двухфазной жидко-

сти, например, такой как «нефть-вода». Миграция нефтепродуктов и грунтовых вод имеет непостоянный, вероятностный характер, и зависит от множества факторов, которые довольно сложно оценить расчетом. Данная модель может послужить основой для решения такого рода задач, значительно упрощая анализ результатов расчётов.

Литература

1. Абрамов С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве. М.: Стройиздат, 1973. 280 с.
2. Криюлин К. Н. Дренажные системы в ландшафтном и коттеджном строительстве. СПб: Студия «НП-Принт», 2014. 120 с.
3. Fedorov S., Vasil'ev V., Telyatnikova A., Development of the sewerage network conceptual mode. Bulletin of Civil Engineers. 2018, 2 (67). P. 168–174.
4. Telyatnikova A., Fedorov S., Stolbikhin I., Korneeva E., Prediction of hydrogen sulfide emission from an energy dissipation chamber and assessment of its distribution in the ambient air. E3S Web of Conferences. 2019, 140. 06001. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201914006001>.
5. Устинов С. А. Методические указания по прогнозированию водопритоков в разрезы. Киев Пермь: Укрниипроект ВНИИОСуголь, 1984. 180 с.
6. Клиорина И. К. Дренажи в инженерной подготовке и благоустройстве территории застройки: Учеб. Пособие. М.: Изд-во АСВ, 2002. 144 с.

УДК 504.3

Татьяна Павловна Петрова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: tatianpp@mail.ru

Tatiana Pavlovna Petrova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: tatianpp@mail.ru

**СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

**THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR
IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

В статье рассмотрены экологические проблемы Республики Саха (Якутия) вызванные использованием угольного топлива в стационарных котельных. Представлены данные об динамике добычи угля на территории региона и перспективах развития систем генерации тепловой энергии. Проанализированы объемы выбросов вредных веществ и результаты внедрения мероприятий по их снижению. Выявлено, что в большинстве населенных пунктов котельные не оборудованы системами улавливания загрязняющих веществ. Предложены методы для решения данной проблемы.

Ключевые слова: угольная промышленность, загрязнения, охрана воздушного бассейна, котельные, атмосфера, экология

The article deals with the environmental problems of the Republic of Sakha (Yakutia) caused by the use of coal fuel in stationary boiler houses. The data on the dynamics of coal production in the region and the prospects for the development of heat generation systems are presented. The volumes of emissions of harmful substances and the results of the implementation of measures to reduce them have been analyzed. It was revealed that in most settlements boiler houses are not equipped with systems for trapping pollutants. Methods for solving this problem are proposed.

Keywords: coal mining, pollution, air pollution control, boiler houses, atmosphere, ecology

Из-за проблем глобального потепления и загрязнения атмосферного воздуха предпочтительнее использовать природный газ, который более безопасен для окружающей среды. Известно, что причиной значительных химических и физических загрязнений атмосферы является сжигание углеводородного топлива при про-

изводстве тепловой и электрической энергии, но на данный момент уголь все еще является энергетически и экономически выгодным топливом [1].

Для климата Якутии характерны явления туманов, при которых концентрация примесей может существенно увеличиться. С туманами связаны смоги, при которых в течение продолжительного времени удерживаются высокие концентрации вредных примесей. При поглощении примесей влагой могут образоваться более токсичные вещества [2].

Среди населения Республики Саха (Якутия) распространена система автономного печного отопления, путем сжигания органического топлива, в особенности древесины. Но для хозяйственных нужд административных центров тепловую энергию получают при сжигании каменного и бурого угля, который, в основном, получают из близлежащих угледобывающих районов.

Площади с установленной промышленной и перспективной угленосностью на территории Якутии составляют около 700 тыс. км². В пределах Якутии выделяют следующие угленосные бассейны: Ленский, Зырянский, Южноякутский, Тунгусский. Уголь добывают как для жилищно-коммунальных нужд, так и для поставки угля за пределы республики, в том числе на экспорт [3]. Динамика добычи угля в Якутии для целей жилищно-коммунального хозяйства приведена на рис. 1.

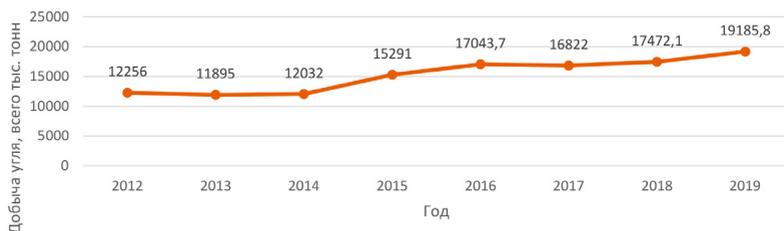


Рис. 1. Динамика добычи угля для жилищно-коммунальных нужд в Якутии за 2012–2019 гг.

Нужно заметить, что с каждым годом динамика добычи угля для нужд жилищно-коммунального хозяйства возрастает. Данная проблема распространена, из-за нецелесообразности газификации отдаленных районов, а также без эффективности строительства теплоэлектростанций в муниципальных районах республики.

Республика Саха (Якутия) по количеству выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников занимает первое место из одиннадцати субъектов, входящих в Дальневосточный федеральный округ. Результаты мониторинга приведены на рис. 2.

По данному графику видна экологическая обстановка в муниципальных районах и крупных городах республики, и видно, что мероприятия, по улавливанию и обезвреживанию загрязняющих атмосферу веществ, ведутся неэффективно. По отношению 2019 года к 2018, показатели понизились на 5,670 тыс. тонн. К тому же данные мероприятия проводятся только для четырнадцати муниципальных районов из тридцати шести.

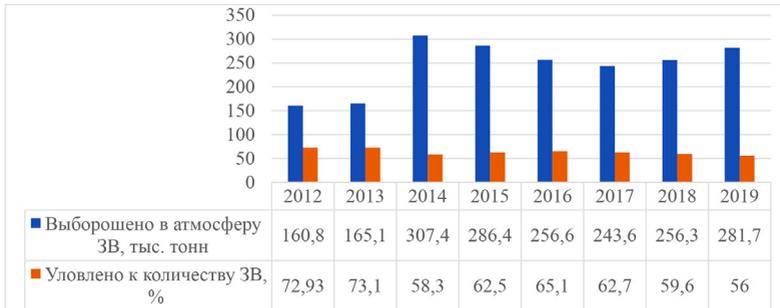


Рис. 2. Объемы выброшенных и уловленных загрязняющих веществ в Республике Саха (Якутия) за 2011–2019 гг.

На рис. 3 предоставлены результаты оценки выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников за 2015–2019 гг., по сведениям, предоставленным Управлением Росприроднадзора по Республике Саха (Якутия).

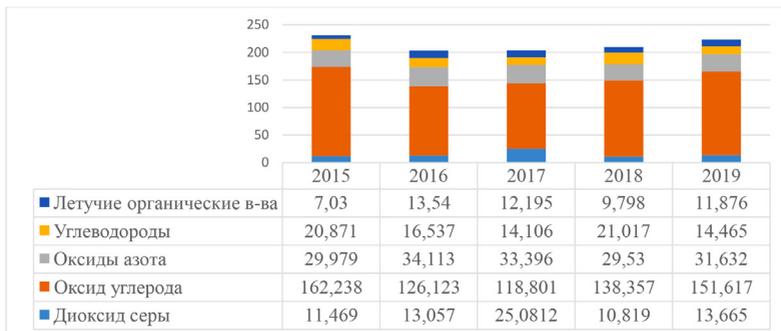


Рис. 3. Доля загрязняющих веществ в валовых выбросах в атмосфере от стационарных источников в 2019 г.

Для решения проблемы снижения негативного влияния выбросов на атмосферу, предлагается при капитальном ремонте угольных стационарных котельных использовать современные методы очистки выбросов и обеспечить мониторинг содержания вредных веществ в атмосферном воздухе по всем районам республики.

Литература

1. Проблемы загрязнения атмосферы продуктами сгорания. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/106/8253.htm> (дата обращения: 22.03.2021)
2. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения. URL: https://fcgie.ru/download/osnovnye_dokumenty_po_vedeniyu_sgm/186_89.pdf (дата обращения: 22.03.2021)
3. Министерство экологии, природопользования и лесного хозяйства Республики Саха (Якутия) URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru> (дата обращения: 22.03.2021)

УДК 628.316.12

Ксения Олеговна Соловьёва,

студент

Владимир Петрович Верхотуров,

канд. техн. наук,

доцент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: ksu051995@mail.ru,

wladw@mail.ru

Ksenia Olegovna Solovyeva,

student

Vladimir Petrovich Verkhoturov,

PhD of Sci. Tech.,

Associate Professor

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: ksu051995@mail.ru,

wladw@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПОСЛЕ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

STUDY OF THE COMPOSITION OF RECYCLED WATER AFTER MICROARC OXIDATION OF TITANIUM ALLOYS

Статья посвящена выявлению основных факторов, влияющих на изменение состава электролита, а также разработке методов его регенерации (очистки от накапливаемых примесей) с целью увеличения периода использования в технологическом цикле оксидирования титановых сплавов. В ходе лабораторных исследований было выявлено, какие ионы тяжелых металлов загрязняют электролит и препятствуют получению оксидной пленки надлежащего качества. В результате были изучены возможные способы очистки электролита. Опираясь на требования к получаемой оксидной пленке и исключая добавление посторонних ионов в электролит, был предложен наиболее подходящий и экономически выгодный метод с использованием сорбента (модифицированных сосновых опилок).

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, титановые сплавы, оксидная пленка, оборотная вода, электролит, сосновые опилки.

The article focuses on identifying main factors, that impact on electrolyte composition changing, and developing a method of its regeneration (purification from impurities) to increase the period of using in production cycle of oxidation of titanium alloys. Laboratory studies have identified which heavy metal ions pollute electrolyte and prevent the production of oxide film with good quality. As a result, ex-

isting purifying methods were studied. Based on resulting oxide film requirements and excluding adding of other ions to electrolyte, the most suitable and economical sorbent method were proposed (using modified pine sawdust).

Keywords: microarc oxidation, titanium alloys, oxide film, recycled water, electrolyte, pine sawdust.

Микродуговое оксидирование (МДО) металлов является сложным, многофакторным процессом. На данный период нет полной картины, отображающей взаимосвязь всех влияющих факторов. Во многих литературных источниках [1, 2] отмечается значительное влияние химических процессов, протекающих в растворах электролитов, на физико-механические характеристики получаемых покрытий.

Во многих случаях электролиты, используемые для МДО, представляют из себя многокомпонентные и достаточно дорогостоящие растворы. Продолжительность использования электролита лимитируется прежде всего изменением его состава в ходе каждого технологического цикла.

Необходимость очистки (регенерации) электролита от накапливаемых примесей, обусловлена необходимостью получения стабильных показателей качества оксидной плёнки (ОП) на поверхности титановых изделий медицинской техники:

- Получение ОП светло-серого цвета на титане марок ВТ5-1, ВТ1, ВТ6;
- Получение ОП с низким внутренним напряжением, близким к 0 (напряжение сжатия);
- Получение ОП с определённым количеством пор (не более 3÷5 пор на 1 см²);
- Получение ОП с нулевой электропроводностью поверхности (электрически прочная);
- Получение ОП со стабильно низким коэффициентом трения.

После проведения лабораторных исследований было выявлено, что в процессе микродугового оксидирования титана в электролите происходит накопление ионов Fe⁺², Ni⁺², Cr⁺⁶, Ti⁺² вследствие частичного растворения элементов подвеса, выполненного

из нержавеющей стали (12×18Н9Т), подтравливания титановых деталей, а также частичного растворения корпуса ванны МДО.



Рис. 1. Дефекты ОП

По опыту эксплуатации было определено максимально допустимое содержание ИТМ в электролите. В результате, чтобы обеспечить заданные показатели качества ОП, электролит может быть использован лишь однократно. Минимальный объём электролита, который обеспечит данное качество ОП в течение смены (8 часов) – 40 л. После использования весь электролит сливается в емкость и утилизируется. Производится очистка ванны МДО и подвесов. Всё это создаёт неудобства при эксплуатации и непроизводительные расходы (дорогостоящее приготовление нового электролита).

Концентрации ИТМ

Элемент	Концентрация в отработанном электролите, г/ дм ³	Максимально допустимая концентрация для повторного использования, г/ дм ³
Cr ⁺⁶	0,7	0,1
Cr ⁺³	0	0,15
Ni ⁺²	0,9	0,2
Fe ⁺²	1,4	0,3
Ti ⁺²	0,1	0,05

Для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов чаще всего применяются физико-химические и электрохимические методы очистки.

Анализ существующих методов очистки показал невозможность применения реагентных и электрохимических методов поскольку применение любых реагентов неизбежно приведет к изменению ионного состава электролита, что в свою очередь обуславливает появление пробоев и изменение эклектической прочности ОП в следствии присутствия посторонних ионов.

По этим причинам было выбрано направление очистки с помощью сорбентов. В качестве сорбента предполагается использовать отходы деревоперерабатывающей промышленности (опилки древесины хвойных пород).

Возможность использования опилок в качестве сорбента подтверждается многими исследованиями, проведенными как в нашей стране, так и за рубежом. Так, например, была доказана эффективность извлечения ионов Pb⁺², Zn⁺², Cu⁺², Cr⁺⁶, Cd⁺² методом сорбции при фильтровании через древесную кору и опилки [3]. При этом за один цикл очистки возможно извлечь до 70 % ИТМ [4].

Особо широко очистка сточных вод с помощью древесных опилок применяется для удаления ионов Cr⁺⁶. В большинстве случаев это достигается восстановлением Cr⁺⁶ до Cr⁺³ [5].

Несмотря на доказанную эффективность, сорбционные свойства древесных опилок недостаточно высоки [6]. В связи с чем было принято решение провести исследования, направленные на повышение интенсификации процесса извлечения ряда ионов металлов из отработанных растворов электролита за счет модификации сорбента, выполненного на основе древесных опилок.

Вывод. В составе электролита после проведения МДО титановых сплавов может накапливаться значительное количество посторонних ионов, что существенно влияет на качество протекающих химических реакций и не позволяет без дополнительной очистки использовать данную воду (электролит) повторно. В то же время требования к качественному составу электролита достаточно высоки, что делает невозможным использование большинства известных методов для его очистки и регенерации. В связи с этим возникает необходимость поиска эффективных недорогих сорбентов. Одним из возможных вариантов решения данной проблемы является использование в качестве сорбента модифицированных сосновых опилок.

Литература

1. Михеев А. Е., Трошкина Т. В., Горн А. В., Раводина Д. В., Ивасев С. С. Химические процессы при микродуговом оксидировании // Сибирский журнал науки и технологий. 2013. № 2 (48).
2. Андреев А. С., Снежко А. А. Влияние состава электролита на структуру и свойства оксидных покрытий, сформированных на титановых сплавах микро дугowym оксидированием // Решетневские чтения. 2009. № 13. С. 307–308.
3. Ray A. B., Wojtenko I., Field R. Treatment of urban stormwater for dissolved pollutants: A comparative study of natural organic filter media. Remediation: The Journal of Environmental Cleanup Costs, Technologies and Techniques. 2005. Vol. 15. № 4. P. 89–100.
4. Багровская Н. А., Лилин С. А. Извлечение ионов тяжелых металлов из сточных вод гальванического производства // Сборник трудов 17-ой Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы переработки льна в современных условиях». Изд-во Костром. гос. технол. ун-та. 2004. С. 105–106.

5. Воропанова, Л. А., Рубановская С. Г. Использование древесных опилок для очистки сточных вод от хрома (VI) // Химическая промышленность. 1998. № 1. С. 22–24.

6. Багровская Н. А. и др. Разработка сорбентов на основе природных целлюлозо-содержащих полимеров для очистки промышленных сточных вод от ионов металлов // Материалы 5 – ой Международной научно-технической конференции «Теоретические и экспериментальные основы создания новых высокоэффективных химико-технологических процессов и оборудования». Иваново. 2001. С. 425–427.

УДК 628.543

*Ульяна Сергеевна Чернышкова, студент
Виктория Валерьевна Тимофеева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ulia.chernyshckova2016
@yandex.ru, vikatimofee@yandex.ru*

*Uliana Sergeevna Chernyshkova, student
Victoria Valeryevna Timofeeva, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ulia.chernyshckova2016
@yandex.ru, vikatimofee@yandex.ru*

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА
ОТСТОЙНИКОВ С ТОНКОСЛОЙНЫМИ
МОДУЛЯМИ**

**ANALYSIS OF CALCULATION METHODS
FOR SETTLING TANKS WITH THIN-LAYER
MODULES**

В данной статье рассмотрены особенности методов расчета отстойников с тонкослойными модулями и их конструкции. Изучен и обобщен весь существующий, на сегодняшний день, опыт в проектировании тонкослойных отстойников. Выделены достоинства и недостатки существующих конструкций. Выявлены причины, определяющие необходимость разработки модели в программном комплексе *ANSYS CFX*.

Ключевые слова: отстойник с тонкослойными модулями, тонкослойный отстойник, эффективность, очистка сточных вод, очистные сооружения.

This article discusses the features of methods for calculating settling tanks with thin-layer modules and their design. All the existing experience in the design

of thin-layer settling tanks has been studied and generalized. The advantages and disadvantages of existing structures are highlighted. The reasons that determine the need to develop a model in the ANSYS CFX software package are identified.

Keywords: sump with thin-layer modules, thin-layer sump, efficiency, waste water treatment, sewage treatment plants.

Под сточными водами подразумевают осадки, к которым относят талые воды и дождевые, воды от полива зеленых насаждений и улиц, свойства которых были ухудшены в результате деятельности человека. В следствии этого сточные воды несут в себе большое количество взвешенных частиц, химических примесей и других видов загрязнений, поэтому их сброс без предварительной очистки запрещен. Очистка ливневых стоков позволяет обезопасить загрязнённые воды согласно СанПиН 2.1.5.980-00 [1], используя очистные сооружения сделать их безопасными для человека и окружающей среды. Одним из таких сооружений является отстойник с тонкослойными модулями [2].

Процесс отстаивания является одним из наиболее простых, менее энергозатратных и дешёвых методов выделения осадка, что увеличивает спрос на применение тонкослойных отстойников.

В нашей стране проведена огромная работа по исследованию, изучению, разработке и внедрению наиболее совершенных конструкций отстойников для очистки природных и сточных вод методами тонкослойного осаждения.

Отстойники с тонкослойными модулями – это сооружения, которые применяются для процесса отстаивания стока и выделения взвешенных веществ или нефтепродуктов. При необходимости отстойники с тонкослойными модулями применяют для сокращения объёма очистных сооружений из условий ограниченности площади установки агрегата или повышения эффективности и времени осаждения поступающего на очистку стока.

Анализ методик расчета отстойников с тонкослойными модулями

На сегодняшний день существует различные методы расчета тонкослойных модулей, которые применяются в инженерной практике.

Методика расчета тонкослойных отстойников, представленная в сборнике [3], рассматривает зависимость конструкции отстойника от схемы движения потока воды и расчет основных параметров. В ней не учитывается эффективность очистки получаемого сооружения.

Широко используется методика НИИСФ РААСН [5]. Данный расчет сводится к выбору типа модуля, определению его параметров и размеров сооружения при заданном эффекте осветления обрабатываемой воды. Так же в данном пособии представлен расчет тонкослойного модуля с учетом сноса осадка под гидродинамическим воздействием потока.

Принцип расчета отстойников с тонкослойными модулями компании ARGEL [6] основан на нормативной документации, по которой рассчитываются основные параметры отстойников при учете показателя числа Рейнольдса.

Опираясь на рассмотренные выше методы расчета отстойников с тонкослойными модулями, можно сделать вывод о том, что не везде производится оценка эффективности работы сооружения для очистки стока.

Особенности конструкции отстойников с тонкослойными модулями

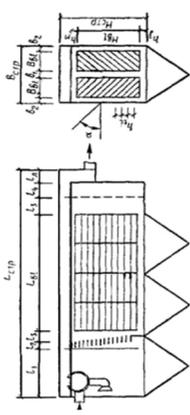
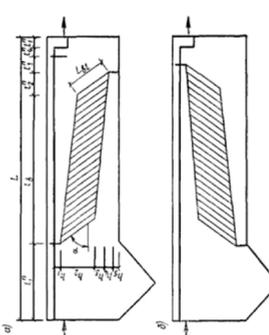
Конструкция тонкослойного отстойника – прямоугольный или круглый в сечении резервуар, внутренний объём которого разделен на отдельные ярусы при помощи объединенных в один модуль наклонных параллельных пластин. Особенности конструкций отстойников с тонкослойными модулями приведен в таблице 1.

Краткий обзор на исследования в области тонкослойного осаждения

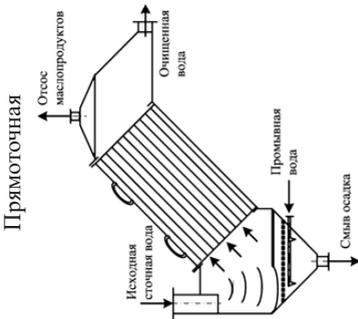
Изучению отстойников посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных исследователей. Рассматривались различные причины, параметры и особенности конструкций влияющие на процесс осаждения.

Таблица 1

Особенности конструкций отстойников с тонкослойными модулями

Схема движения воды в отстойнике	Краткое описание	Достоинства и недостатки
<p>Перекрестная</p> 	<p>Осадок движется поперек движения основной воды. Такой отстойник обычно прямоугольной формы [3,4].</p>	<p>Достоинства: равномерное распределение воды. Недостатки: большие затраты на изготовление пластин.</p>
<p>Противоточная</p>  <p>а – тяжелых примесей; б – легких примесей (масла, нефтепродукты и др).</p>	<p>Осажденный осадок стекает в противоположном направлении. Внутри модуля вода течет снизу вверх [6–8].</p>	<p>Достоинства: более глубокая степень очистки, благодаря активному процессу осаждения взвешенных веществ. Недостатки: неравномерное распределение потока между ярусами.</p>

Окончание табл. 1

<p>Схема движения воды в отстойнике</p>	<p>Краткое описание</p>	<p>Достоинства и недостатки</p>
<p>Прямоточная</p>  <p>Исходная сточная вода</p> <p>Отвод нефтепродуктов</p> <p>Очищенная вода</p> <p>Промывная вода</p> <p>Слив осадка</p>	<p>Осажденный осадок и очищенная вода двигаются в одном направлении.</p>	<p>Достоинства: позволяет сократить затраты на строительные материалы, для регулирования движения потока.</p> <p>Недостатки: возможный вынос загрязнений потоком</p>

В работе Р. А. Ковалева, Н. Н. Корнеевой, Б. Ф. Сальникова, Д. О. Лифанова рассмотрен процесс тонкослойного отстаивания в условиях современной технологии водоподготовки [9]. Итогом данного исследования стало заключение о применении в технологической схеме полимерных модулей «СОТЕЛ», которые позволяют значительно интенсифицировать процесс осаждения за счет увеличения контактной поверхности, повысить на 25 ... 30 % эффект осветления, сократить время отстаивания до 20 минут.

В исследовании А. Г. Лаптева и М. М. Башарова уделялось внимание определению эффективности тонкослойных отстойников при турбулентном режиме [10].

Особенности распределения воды в тонкослойных модулях между пластинами легли в основу работы Н. В. Земляной, С. В. Аракчеевой, Т. С. Мадрика и К. А. Маненко [11].

Зарубежный опыт в данной области представлен в научной-исследовательской статье [12], в которой представлен гидродинамический расчет при увеличении количества наклонных пластин.

Яблокова М. А., Зайцев Н. С. и Хасаев Р. А. в своем исследовании [13] пришли к выводу, что повышение эффективности очистки поверхностных стоков можно достичь путем замены блока тонкослойного отстаивания тремя последовательно установленными блоками профилированных листов волнистого профиля с отверстиями в выступах и впадинах.

Большой интерес вызывают работы отечественных и зарубежных исследователей, в которых осуществляется моделирование процесса осаждения [14, 15, 16]. На рис. 1 представлена структура потока в тонкослойном отстойнике установки «Ключ П-40». Безусловно такой подход позволяет глубоко оценить процесс осаждения в сооружении, наглядно оценить эффективность работы конструкции.

Вывод. Анализ методов расчета процесса тонкослойного отстаивания показывает, что существует множество методов, которые осуществляют назначение конструктивных параметров, но не позволяют оценить эффективность очистки в ходе эксплуатации.

В современной инженерной практике для выполнения подобной оценки могут быть использованы методы конечного элементного анализа *ANSYS CFX*, с помощью которых можно моделировать работу сооружения.

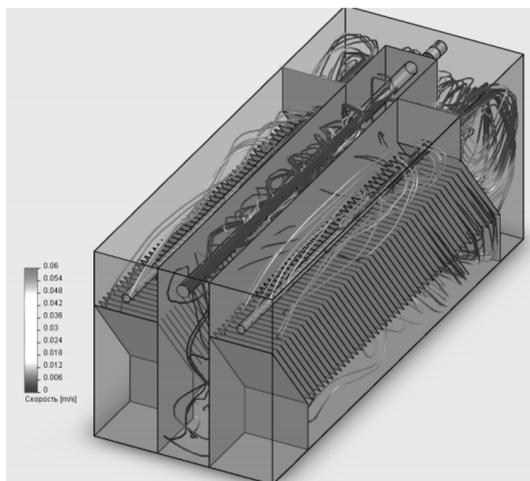


Рис. 1. Структура потока в тонкослойном отстойнике установки «Ключ П-40» при устройстве систем рассредоточенного сбора осветленной жидкости [16]

Литература

1. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006938> (дата обращения: 04.03.21).
2. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85 (с Изменением N 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/554820821> (дата обращения: 04.03.21).
3. Долина Л. Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для механической очистки производственных сточных вод: Учебное пособие. Днепропетровск: Континент, 2003. 93с.
4. Пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294850/4294850580.htm> (дата обращения: 04.03.21)

5. Фрог Д. Б. и др. Классификаторы тонкослойных модулей для наружных сетей водоснабжения. Методическое пособие. М.: НИИСФ РААСН. 2015. С. 26-30.
6. Принципы расчета тонкослойных отстойников компании ARGEL. URL: www.vo-da.ru/articles/tonkoslojnyj-otstojnik/raschet-otstojnika (дата обращения: 04.03.21).
7. Алексеев М. И., Курганов А. М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. М.: Изд-во АСВ, 2000. 352 с.
8. Молоков М. В., Шифрин В. Н. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. М.: Стройиздат, 1977. 102 с.
9. Ковалев Р. А., Корнеева Н. Н., Сальников Б. Ф., Лифанов Д. О. Тонкослойное отстаивание в современных технологиях водоподготовки // Известия тульского государственного университета о Земле. 2020. № 2 С. 114–124.
10. Лаптев А. Г., Башаров М. М. Определение эффективности тонкослойных отстойников при турбулентном режиме // Вода: химия и экология. 2011. № 5(35). С. 33–39.
11. Земляная Н. В., Аракчеева С. В., Корноухова И. Е., Мандрик Т. С., Маненко К. А. Особенности распределения воды в тонкослойных модулях // Вологодские чтения. 2009. № 76. С. 115–119.
12. The-Anh Nguyen, Nguyet Dao, Bing Liu, Mitsuharu Terashima Computational Fluid Dynamics Study on Attainable Flow Rate in a Lamella Settler by Increasing Inclined Plates. Journal of Water and Environment Technology. 2019. 17(2). P. 76–88.
13. Яблокова М. А., Зайцев Н. С., Хасаев Р. А. Совершенствование процессов и агрегатов для локальной очистки поверхностных стоков // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 7. С. 110–13.
14. Kolodziejczyk K., Banas M., Warzecha P. Flow modeling in a laboratory settling tank with optional counter-current or cross-current lamella. Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2012. № 53. P.28–36.
15. Diana Robescu, Corina Mandis, Dan Robescu Design lamellar secondary settling tank using numerical modeling. 2010. U.P.B. Sci. Bull. Series D. Vol. 72. P. 211–216.
16. Баринов А. М. Моделирование гидродинамики тонкослойного отстойника (на примере установки «Ключ П-40») // Научное обозрение. 2014. № 7–3. С. 880–883.

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

УДК 697

Дарья Алексеевна Боброва, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: darbob99@gmail.com

Daria Alekseevna Bobrova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
Email: darbob99@gmail.com

ВЫБОР ЛУЧШЕЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ РЕСТОРАНОВ С БОЛЬШИМ ПРОЦЕНТОМ ОСТЕКЛЕНИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

CHOOSING THE BEST HEATING SYSTEM FOR RESTAURANTS WITH A HIGH PERCENTAGE OF GLAZING EXTERNAL WALLS

В данной статье произведен подбор лучшей системы отопления для обеденного зала ресторана, имеющего большой процент остекления наружных ограждающих конструкций и сложное, по своей конструкции, внутреннее строение помещения. Выбор системы отопления произведен на основе сравнительной характеристики более подходящих для рассматриваемого объекта систем. Сравнительная характеристика включает в себя как показатели эффективности, надежности и простоты эксплуатации, так и показатели экономической эффективности при установке и во время эксплуатации систем. Данные сравниваемых параметров, в том числе, выявлены посредством анализа графических отчетов по математическому моделированию процессов работы сравниваемых систем отопления от программного обеспечения «*Star CCM+*», что так же позволит зрительно выявить функциональность и эффективность работы рассматриваемых систем.

Ключевые слова: система отопления, математическое моделирование, плинтусное отопление, конвектор, радиатор.

In this article, I have chosen the best heating system for a restaurant dining room, which has a large percentage of glazing in the external enclosing structures and a complex internal structure of the room. The choice of the heating system was made on the basis of comparative characteristics of systems more suitable for the

object under consideration. Comparative characteristics include indicators of efficiency, reliability and usability, as well as economic indicators of efficiency in the installation and operation of systems. The data of the compared parameters, among other things, were revealed through the analysis of graphical reports on the mathematical modeling of the operation processes of the compared heating systems from the «Star CCM+» software, which will also make it possible to visually identify the functionality and the effectiveness of the systems under consideration.

Keywords: heating system, mathematical modeling, plinth heating, convector, radiator.

Рассмотрим помещение обеденного зала ресторана (рис. 1). Помещение габаритами 9×12 м имеет два яруса, отметка пола верхнего из которых находится на высоте 4,200 м от отметки пола нижнего. На южном и западном фасаде имеются панорамные окна нижней границей расположены на 0,5 м выше уровня чистого пола каждого яруса. Столики для посетителей располагаются вдоль стен зала, по середине которого находится проем с лестничным маршем, занимающий $1/3$ ширины всего помещения. Такая конфигурация зала очень интересна с точки зрения распределения тепловых и воздушных потоков, в том числе, распространения запахов и иных загрязнений.

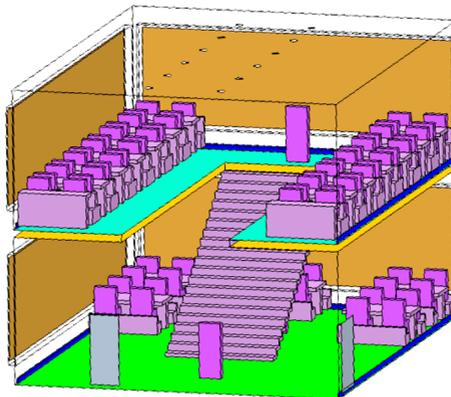


Рис. 1. Модель помещения обеденного зала ресторана

Система отопления предназначена для ассимиляции теплопотерь через наружные ограждения помещений, а также потерь тепла на нагревание инфильтрующегося в помещение воздуха. Совместно с этим приборы отопления должны устанавливаться таким образом, чтобы теплый воздух, поднимающийся от них, обогревал самые холодные поверхности до температуры, которая будет выше температуры точки росы на этих поверхностях в наихудших условиях холодного периода года.

Поскольку в рассматриваемом помещении присутствуют окна, занимающие более 90 % всей поверхности двух наружных стен, необходимо применять приборы отопления, которые обеспечат прогрев не менее 75 % поверхности всего остекления. Из этого следует, что оптимальным решением будет установка отопительных приборов под каждым окном, общей длиной не менее 75 % ширины окна. Для этой цели возможно применение низких вариантов секционных радиаторов, напольных или скрытых систем конвекторов, возможно с применением дополнительных вентиляторных систем, а также применения систем плинтусного отопления.

Конвекторное отопление считается менее эффективным по теплоотдаче, чем панельные виды радиаторов, однако это может быть компенсировано наличием большого количества ребрения и установкой кожухов, что способствует большей теплоотдаче. Так как использование низких вариантов секционных радиаторов менее эстетично и более затратно, чем применение конвекторного отопления, в сравнительный анализ приняты конвекторы, расположенные под окнами на верхнем и нижнем ярусе зала.

Конвекторы бывают открытого и встроенного типа, поскольку конвекторы встроенного типа имеют склонность к большему скапливанию пыли, а также дополнительные местные сопротивления, мешающие свободному распространению нагретого воздуха к окнам, для увеличения теплоотдачи таких систем необходимым требованием является установка местной системы вентиляторов, которые склонны к выдуванию пыли вместе с поднимающимся

нагретым воздухом. В следствии этого к сравнительному анализу принимаются напольные конвекторы открытого типа.

Сравнение будет производиться с системой плинтусного отопления, которая собрала в себе все плюсы и минимизировала отрицательные стороны конвекторного отопления. Система теплых плинтусов является эстетичной, занимает гораздо меньшее пространство, осуществляет теплоотдачу вторичным способом через всю площадь вертикальных наружных ограждающих конструкций. Однако греющий модуль, также имеющий орebrения, но значительно меньших размеров, сложнее поддается очистке. В целом система плинтусного отопления не поднимает пыль, и образует комфортный микроклимат за счет лучистой передачи тепла.

Система плинтусного отопления

Система плинтусного отопления впервые была изобретена в 1907 году инженером-теплотехником. Суть системы заключалась в том, что стальные трубы устанавливались у пола вдоль периметра стен. Коммуникации покрывались бетоном, деревянными накладками или гипсом. Распространение данный метод получил в Западной Европе, там его стали называть панельным, или лучистым отоплением. Преимущества были очевидными, среди них: безопасность эксплуатации; равномерность обогрева помещений; дешевизна по сравнению с электрическим и водяным отоплением.

Однако есть и недостатки, которые выражены в невозможности ремонта без разрушения перегородок, а также сложности установки. Отопление плинтусное сегодня является доработанным вариантом паробетонного. Его устанавливают в толще стены вместо плинтусов.

Принцип работы системы плинтусного отопления (рис. 2) заключается в том, что теплый воздух, поднимающийся от греющего модуля, благодаря эффекту Коанда, «прилипает» к вертикальным ограждающим поверхностям, в том числе повторяя контур выступов подоконников и углублений оконных проемов. Вдоль периметра наружных стен и окон создается тепловой экран, пре-

пятствующий выводу тепла из помещения. Наружные ограждения, на поверхности которых образовывается воздушный тепловой экран, посредством лучистого тепла обогревают все предполагаемое помещение.



Рис. 2. Принципиальная схема работы систем плинтусного отопления

Так как теплый воздух поднимается очень медленно, в помещении нет подъема пыли, а благодаря отсутствию активной конвекции и прогреву стен воздух не пересушивается и достигается равномерное распределение теплоты по всей высоте помещения. Образуется стабильное препятствие развитию плесени и грибка на окнах и стенах, что способствует значительному продлению срока жизни здания. Конструкция плинтусного отопления предусматривает возможность корректировки температуры посредством термостатов. Также производители гарантируют экономичность в работе и простату в монтаже. Однако при эксплуатации, а именно при очистке греющих модулей плинтусов от пыли возникают определенные сложности из-за достаточно малых габаритов и расстояния между его пластин.

Конструктивно модуль теплого плинтуса состоит из (рис. 3) греющего модуля и кожуха. Греющий модуль содержит в себе медные трубки, для максимальной теплоотдачи, трубки опрессовываются пластинчатым теплообменником, который заключает собой греющий модуль плинтуса. Кожух состоит из тыльной и лицевой панели, а также системы крепления. Крепится система плинтусного отопления на специальный высокий металлический уголок, габаритами 30×150мм, длинная сторона которого оборудована теплоизоляционной лентой, защищающей греющий модуль от излишней отдачи конвективного тепла стене.

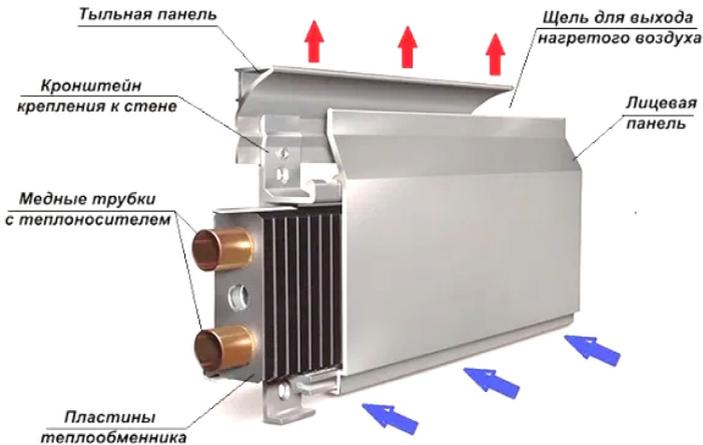


Рис. 3. Конструкция модуля теплого плинтуса

Существует два варианта комплектации системы: жидкостное и электрическое. В жидкостном способе передачи тепла нагревательному элементу используется теплоноситель: вода или антифриз. Максимальное рабочее давление в этом случае составляет 3 атмосферы.

Жидкостное плинтусное отопление имеет некоторые недостатки. Длина одного контура жидкостного теплого плинтуса должна

быть не более 15 м. В противном случае система может работать с малой эффективностью. Стандартная температура поверхности должна составить примерно +50 °С, с каждым дополнительным местом этот показатель будет уменьшаться в среднем на 3 °С. Также система чувствительна к повышению давления и гидроударам, поэтому для присоединения к центральной системе взамен полиэтиленовых шлангов используются медные коммуникации или изделия из металлопластика. Помимо центрального, система совместима со всеми видами котельного оборудования и системами альтернативного получения энергии и предназначена для использования в качестве основного или дополнительного отопления.

Плентусное электрическое отопление относится к воздушным системам. В таких плентусах в нижнюю трубку греющего модуля вставляется ТЭН. Максимальный уровень мощности достигает 280 Вт на погонный метр, однако цена погонного метра такого плентуса примерно в два раза ниже водяного исполнения. Система электрического плентусного отопления совместима как с центральным электроснабжением здания, так и с любым видом генераторного и альтернативных видов электроснабжения.

Система конвекторного отопления

Конвекторная система отопления, в отличие от плентусной, относится к конвективному способу теплоотдачи. Холодный воздух, находящийся вблизи нижней части конвектора, нагревается и, в соответствии законам физики, поднимается проходя через ребра конвектора. Затем нагретый воздух отдает свое тепло близ расположенным ограждающим конструкциям и предметам в пространстве, и снизив температуру снова опускается в нижнюю часть помещения, тем самым происходит зональная циркуляция воздуха вблизи данного прибора отопления.

За счет многократного подъема и распространения воздуха в пространство помещения конвекторное отопление способствует зональному перегреву и пересушке воздуха вблизи прибора, а также поднятию и распространению пыли в помещении. Следовательно,

необходимо равномерное их распространение под окнами помещения, для более равномерного распространения тепла в пространстве и более равномерному нагреву остекления, во избежание выпадения конденсата и образования плесени и грибка.

Системы конвекторного отопления также подразделяются по виду теплоносителя на водяные и электрические. Водяные системы более долговечны, но более затратны и требовательны при установке. Электрические более просты в установке, однако являются более затратными в процессе эксплуатации.

В итоге, для помещения с перечисленными особенностями, система плинтусного отопления подходит лучше, что так же можно наблюдать на графическом отчете из программы математического моделирования «Star CCM+». На рис. 4 видно, что система

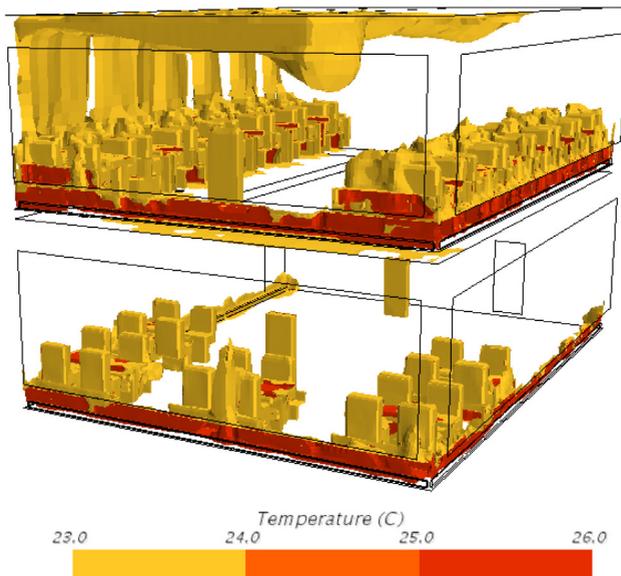


Рис. 4. Распределение тепловых потоков в помещении при работе системы плинтусного отопления

плинтусного отопления располагается вдоль всей длины стен, не только наружных, но и одной и внутренних, вдоль которой располагаются посетители. Тепло поступающее от плинтусов, расположенных вдоль окон, ассимилирует теплопотери от данных оконных проемов и нормализует температуру в зоне расположения посетителей. От плинтусов, расположенных вдоль внутренней стены тепло поднимается вдоль поверхности ограждающих конструкций и постепенно поступает в объем помещения равномерно нагревая его, поддерживая при этом требуемую температуру.

Хоть и плинтусное отопление более затратно при его установке, в процессе эксплуатации по всем характеристикам оно является более эффективным, экономически выгодным и простым в эксплуатации.

Литература

1. СП 118.13330.2014. Общественные здания и сооружения. М., 2014. 118 с.
2. СП 2.3.4.1079-01. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания. М., 2001. 32 с.
3. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М., 2016. 69 с.
4. Плинтусное отопление принцип работы. URL: <https://obotplenii.ru/sistema-otopleniya/plintusnoe-otoplenie> (дата обращения: февраль 2021 г.)
5. Принцип устройства плинтусного отопления. URL: <https://teplospec.com/radiatory-batarei/kakie-byvayut-plintusnye-radiatory-preimushchestva-pravilna-ustanovki-otopleniya.html> (дата обращения: декабрь 2020 г.)
6. Как работает теплый плинтус. История. URL: <http://xn----itbkjcjckdxbjn8h.xn--p1ai/index.php/advantages1> (дата обращения: февраль 2021 г.)

УДК 697.341

Елизавета Михайловна Демиденко,
студент
Елена Александровна Бирюзова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: eliz.demidenko@yandex.ru,
biruzova@rambler.ru

Elizaveta Mikhailovna Demidenko,
student
Elena Aleksandrovna Biruzova,
PhD of Sci. Eng., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: eliz.demidenko@yandex.ru,
biruzova@rambler.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОЖУХОТРУБНЫХ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

INVESTIGATION OF THE APPLICATION FEATURES OF SHELL-AND-TUBE WATER HEATERS IN HEAT SUPPLY SYSTEMS

В данной статье рассматриваются особенности применения кожухотрубных водоподогревателей с гладкой и профилированной стенкой. Этот вид водоподогревателей наиболее широко применяется в узлах подключения систем горячего водоснабжения, в индивидуальных тепловых пунктах, а до недавнего времени и в центральных тепловых пунктах. Конструкция кожухотрубного водоподогревателя отличается своей простотой и надежностью, а также удобством обслуживания основных элементов. Весомым преимуществом данного теплообменника над другими является его низкая стоимость. В работе определяется актуальность и возможность применения кожухотрубных теплообменных аппаратов с гладкой и профилированной трубкой.

Ключевые слова: теплоснабжение, кожухотрубные водоподогреватели с гладкой трубкой, кожухотрубные водоподогреватели с профилированной трубкой, пластинчатые водоподогреватели, тепловые сети.

This article discusses the features of the use of shell-and-tube water heaters with a smooth and profiled wall. This type of water heaters is most widely used in hot water supply connection points, in individual heating points, and until recently in central heating points. The design of the shell-and-tube water heater is characterized by its simplicity and reliability, as well as ease of maintenance of the main

elements. A significant advantage of this heat exchanger over others is its low cost. The paper determines the relevance and possibility of using shell-and-tube heat exchangers with a smooth and profiled tube.

Keywords: heat supply, shell-and-tube water heaters with a smooth tube, shell-and-tube water heaters with a profiled tube, plate water heaters, heat networks.

Согласно нормативной литературе [1] в системах теплоснабжения рекомендуется применять многосекционные горизонтальные кожухотрубные и пластинчатые водоподогреватели (ВП). Проанализировав экономическую составляющую каждого теплообменника (ТО) можно сразу отдать предпочтение кожухотрубным ВП на рис. 1. Понимая, что не всегда лучшее то, что дешево, проведем исследование технических характеристик водоподогревателей: влияние его работы на тепловую сеть, гидравлический и тепловой режим системы.

Для проведения сравнительного анализа был выбран кожухотрубный водоподогреватель с гладкой и профилированной трубкой [2], изображенные на рис. 2 и рис. 3 для одинаковых исходных данных.

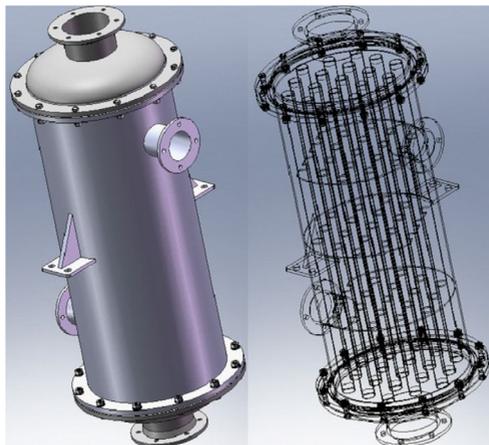


Рис. 1. Внешний вид исследуемого водоподогревателя

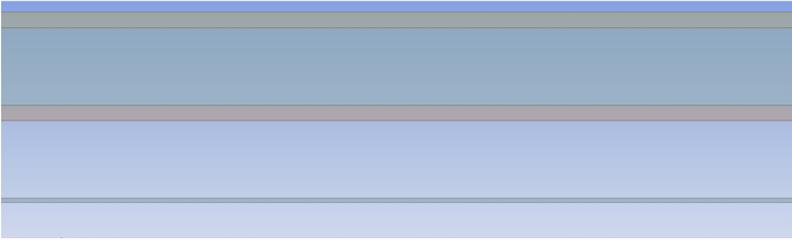


Рис. 2. Гладкая трубка

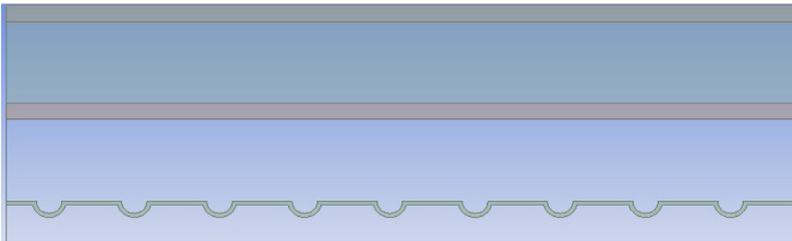


Рис. 3. Профилированная трубка

В качестве исходных данных был принят односекционный 9-ти этажный жилой дом, с количеством проживающих в нем людей равным 172 человекам, числом приборов - 144 шт.

При проведении расчета ТО с гладкой трубкой по [3] были получены значения:

- Коэффициента теплопередачи ВП, Вт/м²·°С

$$K = \frac{\psi \cdot \beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}}, \quad (1)$$

где ψ – коэффициент эффективности теплообмена; β – коэффициент загрязнения поверхности трубок; α_1 – коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенкам трубок, Вт/м²·°С; α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде, Вт/м²·°С;

$\delta_{\text{ст}}$ – толщина стенок, м; $\lambda_{\text{ст}}$ – удельная теплопроводность стенок из латуни, Дж/кг·°С.

$$K = \frac{0,95 \cdot 0,9}{\frac{1}{4064,23} + \frac{1}{3803,36} + \frac{0,001}{1025}} = 1677 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

- Потери давления на нагрев воды в трубках при $l = 4$ м, кПа

$$\Delta p_{\text{тр}} = \varphi \cdot 7,5 \cdot \left(\frac{q_h}{f_{\text{тр}} \cdot \rho} \right)^2 \cdot N, \quad (2)$$

где φ – коэффициент учитывающий накипеобразование, принимается равным от 2÷3; q_h – максимальный секундный расход воды, л/с; $f_{\text{тр}}$ – площадь сечения трубок, м²; ρ – плотность воды, кг/м³; N – число секций водоподогревателя, шт.

$$\Delta p_{\text{тр}} = 2 \cdot 7,5 \cdot \left(\frac{1,623}{0,00108 \cdot 1000} \right)^2 \cdot 2 = 67,75 \text{ кПа.}$$

При проведении расчета ТО с профилированной трубкой по [3] были получены значения:

- Коэффициента теплопередачи ВП по формуле (1), Вт/м²·°С

$$K = \frac{1,65 \cdot 0,9}{\frac{1}{4064,23} + \frac{1}{3803,36} + \frac{0,001}{1025}} = 2912 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$$

- Потери давления на нагрев воды в трубках при $l = 4$ м по формуле (2), кПа

$$\Delta p_{\text{тр}} = 2 \cdot 7,5 \cdot \left(\frac{1,623}{0,00108 \cdot 1000} \right)^2 \cdot 3 = 101,63 \text{ кПа.}$$

Исходя из выше сделанных расчетов можно сделать вывод, что чем выше коэффициент теплопередачи, тем эффективнее работает водоподогреватель. Так как коэффициент теплопередачи зависит от скорости течения жидкости, формы поверхности. Чем выше скорость, тем интенсивнее идет теплообмен. Коэффициент теплопередачи для профилированных трубок в 1,74 раза выше, чем для гладких трубок. А потери давления в профилированных трубках в 1,5 выше, чем в гладких трубках при прочих равных условиях, что объясняется увеличением коэффициента местных сопротивлений при течении жидкости по трубкам сложной геометрической формы. Для подтверждения полученных аналитическим путем данных в программном комплексе *ANSYS* было выполнено построение поля распределения скоростей для кожухотрубного водоподогревателя с профилированной и гладкой трубкой, изображенном на рис. 4, 5. Получена приемлемая сходимость результатов расчета и моделирования, подтверждающая их достоверность.

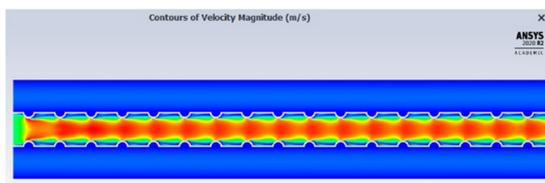


Рис. 4. Поля распределения скоростей для кожухотрубного водоподогревателя с профилированной трубкой

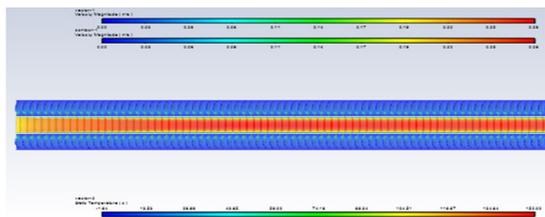


Рис. 5. Поля распределения скоростей для кожухотрубного водоподогревателя с гладкой трубкой

Литература

1. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 / Минрегион России. М., 2012. 78 с.
2. ГОСТ 27590-2005 Подогреватели кожухотрубные водо-водяные систем теплоснабжения М.: Стандартинформ, 2007 г.
3. Манюк В. И., Каплинский Я. И., Хидж и др. Э. Б. Справочник: наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. М.: Стройиздат, 1988. 432 с. 4.

УДК 697.9

Тамара Алексеевна Дружинина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: tamaradi1999@gmail.com

Tamara Alekseevna Druzhinina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: tamaradi1999@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СПА-КОМПЛЕКСЕ

NUMERICAL SIMULATION OF VENTILATION PROCESSES IN A SPA-COMPLEX

В статье поставлена задача определить эффективность работы перемешивающей системы вентиляции в помещении СПА-комплекса, в котором расположены несколько бассейнов, джакузи и душей. Для выполнения данной задачи построена геометрическая модель исследуемого помещения. Подача свежего воздуха производится через потолочные диффузоры типа ДКВ-200, расположенные над зоной с шезлонгами, а также над зоной бассейнов. Забор воздуха из помещения осуществлен через вытяжные решетки типа АМН-К 600×300, размещенные на противоположных стенах помещения в зоне бассейнов. Численное моделирование вентиляционных процессов произведено в программном комплексе STAR-CCM+. По итогам моделирования доказана эффективность проектирования перемешивающей системы вентиляции в исследуемом помещении.

Ключевые слова: вентиляция, математическое моделирование, СПА-комплекс, плавательные бассейны, STAR-CCM+.

In the article, the task is to determine the efficiency of the mixing ventilation system in the premises of the SPA complex, in which there are several pools, jacuzzi

is and showers. To accomplish this task, a geometric model of the investigated room has been built. Fresh air is supplied through ceiling diffusers of the DKV-200 type, located above the area with sun loungers, as well as above the pool area. Air intake from the room is carried out through the AMN-K 600×300 exhaust grilles, located on the opposite walls of the room in the pool area. Numerical modeling of ventilation processes was performed using the *STAR-CCM+* software package. Based on the simulation results, the efficiency of designing a mixing ventilation system in the room under study has been proven.

Keywords: ventilation, mathematical modeling, SPA-complex, pools, *STAR-CCM+*.

Предметом исследования является перемешивающая система вентиляции в одном из помещений СПА-комплекса, расположенного на подземном этаже гостиницы общего типа в г. Санкт-Петербург.

Моделируется помещение с несколькими видами бассейнов: взрослый, детский и джакузи (рис. 1). В данном помещении, площадью 293,3 м², свободно могут расположиться 22 человека.

Расчетные параметры наружного воздуха приняты согласно [1], а параметры внутреннего воздуха – согласно [2].

Примем температуру на вытяжке $t_{\text{выт}} = 29$ °С, согласно [2], температуру приточного воздуха равной $t_{\text{пр}} = 25$ °С, так как вентиляция перемешивающая, а высота помещения не очень большая. Влажность приточного воздуха равняется 5 г/кг. Объемный расход приточного воздуха – 2770 м³/ч.

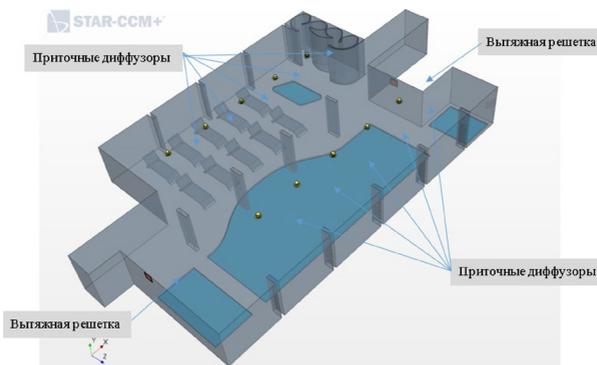


Рис. 1. Геометрия помещения

Для запуска расчета в программе *STAR-CCM+* необходимо задать граничные условия: тепловыделения от людей, джакузи и освещения, влаговыведения от людей и бассейнов и количество углекислого газа, выделяемого людьми.

Расчет производился до выравнивания графиков сходимости температуры, влажосодержания и CO_2 на вытяжке (рис. 2–4).

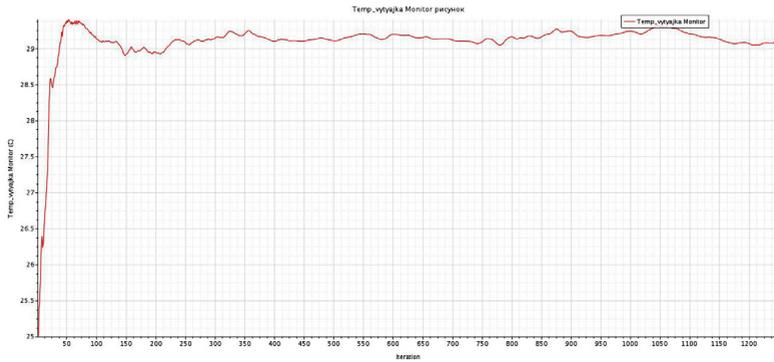


Рис. 2. График температуры на вытяжке

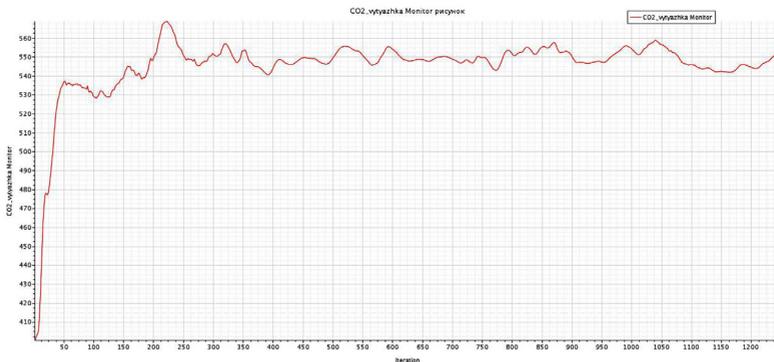


Рис. 3. График CO_2 на вытяжке

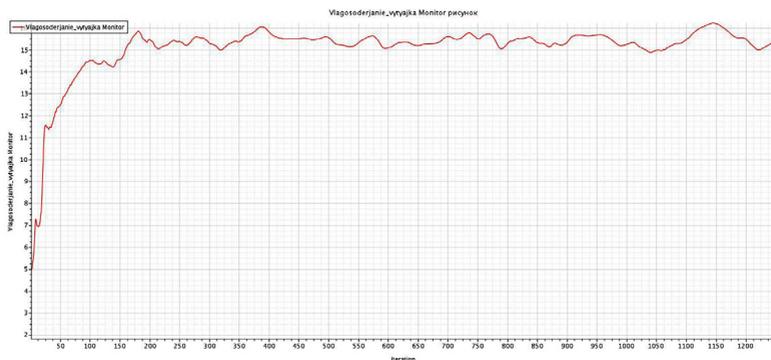


Рис. 4. График влагосодержания на вытяжке

Результаты расчета представлены в виде рисунков, отображающих поля распределения температуры, влагосодержания, CO_2 , скоростей движения воздуха и линии тока.

Часть приточных диффузоров расположена над зоной с лежаками, а вторая часть – над зоной бассейнов. Вытяжные решетки находятся на боковых стенах в зоне чаши бассейна.

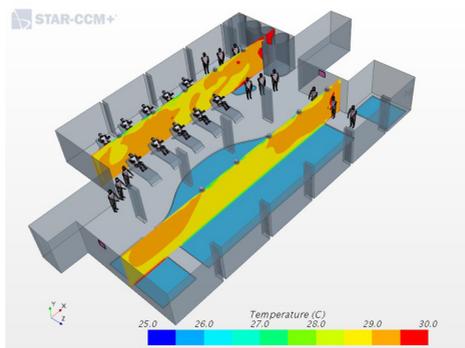


Рис. 5. Поля температуры воздуха в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

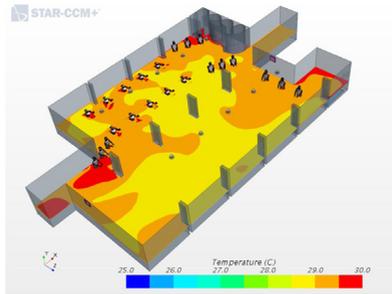


Рис. 6. Поле температуры воздуха в горизонтальной плоскости

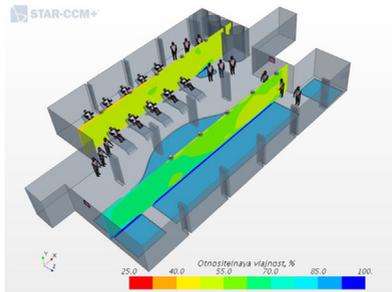


Рис. 7. Поля относительной влажности воздуха в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

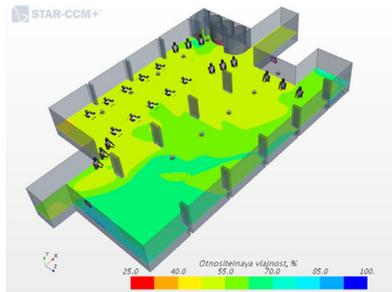


Рис. 8. Поле относительной влажности воздуха в горизонтальной плоскости

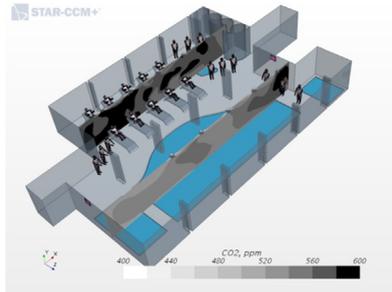


Рис. 9. Поля распределения CO_2 в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

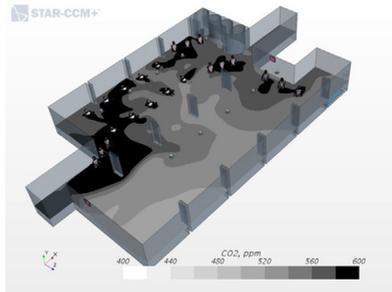


Рис. 10. Поле распределения CO_2 в горизонтальной плоскости

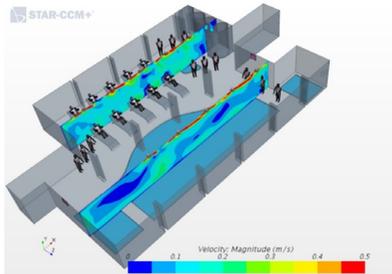


Рис. 11. Поля распределения скорости движения воздуха в сечениях, проведенных через приточные диффузоры

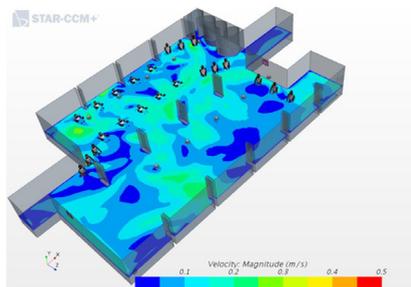


Рис. 12. Поле распределения скорости движения воздуха в горизонтальной плоскости

На рис. 5 и 6 видно, что в зоне с шезлонгами температура колеблется в диапазоне $28,5 \div 30$ °С, такой перепад температур не влияет на комфортность пребывания людей в СПА-зоне. В зоне бассейнов температура воздуха меняется от $28,5$ °С до 29 °С, преимущественно $28,5$ °С. Значение температуры в данной зоне распределяется равномерно, что не оказывает отрицательного влияния на самочувствие купающихся.

Из рис. 7 и 8 видно, что относительная влажность в помещении находится в диапазоне от 50 до 65 %.

Самая высокая концентрация CO_2 приходится на коридор, находящийся в левой части помещения, что объясняется отсутствием приточных диффузоров в данной части помещения. В зоне бассейна эта величина составляет $440 \div 520$ ppm.

Из рис. 11 и 12 наглядно видно, что средняя скорость воздуха в обслуживаемой зоне колеблется от $0,0$ м/с до $0,25$ м/с.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующий вывод: перемешивающая система вентиляции справляется со своей задачей, а именно, обеспечивает требуемые параметры микроклимата внутри помещения. Полученные значения параметров микроклимата были сравнены со значениями, приведенными в [2]:

- температура внутреннего воздуха $t_{в} = 28,5 \div 30$ °С, является допустимой, согласно [2] температура внутреннего воздуха должна

быть на $1 \div 2$ °С выше температуры воды в бассейне. Температура воды в бассейне, имеющем наиболее большую площадь зеркала воды, составляет 28 °С.

- относительная влажность в рабочей зоне зала бассейна $\varphi = 50 \div 65\%$, что соответствует норме, по [2] относительная влажность должна быть $50 \div 65\%$.

- скорость движения воздуха в рабочей зоне преимущественно составляет 0,2 м/с, что является допустимым. Согласно [2] подвижность воздуха в помещении ванны бассейна не должна превышать 0,2 м/с.

- концентрация углекислого газа в помещении составляет $100 \div 200$ ppm относительно концентрации CO_2 в наружном воздухе (CO_2), что соответствует высокому качеству воздуха в помещении, согласно [3]. Это означает, что при длительном пребывании человека в помещении не оказывается пагубного влияния на его самочувствие.

Таким образом, в результате численного эксперимента доказано, что система вентиляции обеспечивает оптимальные параметры микроклимата внутри помещения ванны бассейна.

Литература

1. СП 131.13330.2018. Свод правил. «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* М.: Стандартинформ, 2019. 109 с.
2. СП 31-113-2004 Бассейны для плавания. М.: ФГУП ЦПП, 2005. 107 с.
3. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2019. 15 с. 4.

УДК 614.841.4

Максим Валерьевич Зворыкин,

студент

Максим Германович Хамидулин,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: zvoryckin@yandex.ru,

m.xamidulin@mail.ru

Maksim Valerievich Zvorykin,

student

Maxim Germanovich Khamidulin,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: zvoryckin@yandex.ru,

m.xamidulin@mail.ru

СНИЖЕНИЕ НАГРУЗКИ НА СИСТЕМУ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ

REDUCING THE LOAD ON THE HEATING SYSTEM DURING BUILDING RENOVATION

Данная статья рассматривает способы снижения нагрузки на систему отопления при реконструкции или капитальном ремонте жилого здания. Произведен расчет снижения нагрузки на систему отопления при утеплении наружных ограждающих конструкций в соответствии с требованиями нормативных документов. Также рассмотрены другие методы повышения энергоэффективности здания, в том числе при использовании автоматических узлов регулирования тепловой энергии в системе отопления. Обращено внимание на экономическую целесообразность проводимых мероприятий и срок окупаемости.

Ключевые слова: энергоэффективность, капитальный ремонт, реконструкция, жилое здание, окупаемость, утепление.

This article examines ways to reduce the load on the heating system during the reconstruction or overhaul of a residential building. A calculation was made to reduce the load on the heating system when insulating external enclosing structures in accordance with the requirements of regulatory documents. Other methods of increasing the energy efficiency of a building are also considered, including when using automatic units for regulating heat energy in the heating system. Attention is drawn to the economic feasibility of the activities and the payback period.

Keywords: energy efficiency, major repairs, reconstruction, residential building, payback, insulation.

Задача повышения энергоэффективности в настоящее время является одной из главных при планировании реконструкции или

капитального ремонта здания, которая достигается путем утепления наружных ограждающих конструкций, модернизации инженерных сетей с добавлением автоматизированных узлов и других мероприятий.

При реконструкции важно определить перечень необходимых работ, а также рационально и эффективно использовать финансовые ресурсы [1]. Рекомендуется осуществление следующих энергосберегающих мероприятий:

- утепление наружных ограждающих конструкций зданий;
- утепление совмещенных кровель или чердачных перекрытий;
- замену оконных и балконных блоков на энергоэффективные менее воздухопроницаемые;
- остекление лоджий и балконов;
- внедрение автоматизированных узлов управления теплопотреблением зданий на отопление;
- индивидуальное регулирование теплоотдачи каждого отопительного прибора с помощью термостатов;
- установка автоматических балансировочных клапанов на стояках и ветках системы отопления.

В рамках проекта рассмотрено панельное здание 1967 года постройки, расположенное в Санкт-Петербурге, изображенное на рисунке 1. В статье [1] авторы обращают внимание на конструктивные недостатки при строительстве и некачественный монтаж утеплителя ограждающих конструкций в зданиях до 1999 года постройки, из-за чего в них наблюдается повышенная инфильтрация наружного воздуха. По методике [2, 3] были произведены расчеты необходимой толщины утеплителя при реконструкции здания.

До реконструкции нагрузка на систему отопления составляет 443 430 Вт.

Конструкции наружной стены, чердачного перекрытия и перекрытия над подвалом изображены на рис. 2, 3 и 4 соответственно. Результаты расчетов приведены в табл. 1.



Рис. 1. Внешний вид исследуемого здания

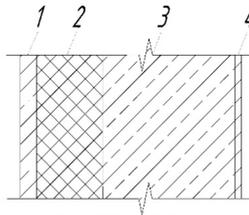


Рис. 2. Конструкция наружной стены:

1 – ковровая керамика; 2 – минераловатные плиты;
3 – керамзитобетонные панели; 4 – раствор цементно-песчаный

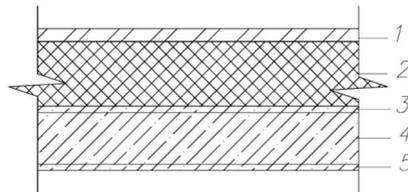


Рис. 3. Конструкция чердачного перекрытия:

1 – гидроизоляция; 2 – минераловатные плиты; 3 – парозоляция;
4 – ж/б плита; 5 – раствор цементно-песчаный

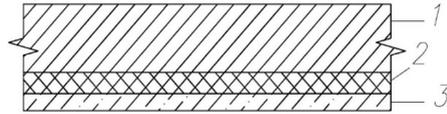


Рис. 4. Конструкция перекрытия над подвалом:
 1 – ж/б плита; 2 – экструзионный пенополистирол Пеноплэкс;
 3 – керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией.

Таблица 1

Результаты теплотехнического расчета наружных ограждений здания

Ограждение	Общая толщина ограждения $\delta_{огр}, \text{ м}$	Толщина утеплителя, $\delta_{ут}, \text{ м}$	$R_{огр}^0, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$k_{огр}, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
Наружная стена	0,67	0,2	3,31	0,33
Чердачное перекрытие	0,39	0,05	4,46	0,22
Перекрытие над подвалом	0,25	0,05	1,61	0,62

С учетом утепления наружных ограждающих конструкций нагрузка на систему отопления снизилась на 20 % и составляет 354 740 Вт.

Также снизить нагрузку на систему отопления может замена однотрубной системы отопления на двухтрубную с установкой термостатов на каждом приборе, автоматических балансировочных клапанов на стояках и ветках системы отопления, а также модернизация индивидуального теплового пункта путем добавления в него автоматизированных узлов регулирования температуры подачи теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха (рис. 5).

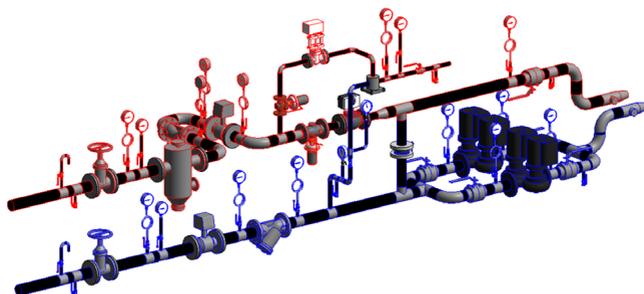


Рис. 5. Модель реконструкции ИТП

Такие мероприятия позволяют сократить потребление тепловой энергии до 18 % от общегодового потребления [4].

Говоря о капитальном ремонте, нельзя не затронуть экономическую целесообразность проводимых реконструкций. Так, например, срок окупаемости утепления стен и замены окон в Германии составляет 24,81 года, что является рентабельным, для Латвии – 40,38 лет. Нормативный срок службы панельного дома составляет порядка 100 лет. Снизить период окупаемости комплекса энергосберегающих решений в условиях нашей страны можно путем снижения стоимости конструкции фасадных систем. Учитывая, что величина стоимости самого утеплителя в этих системах не превышает 10 % от стоимости конструкции, необходимо пересмотреть структуру формирования стоимости фасадных систем, заменяя некоторые конструктивные элементы более дешевыми, не снижая их долговечности [5]. Также необходима поддержка со стороны государства в виде госпрограмм и кредитования.

Вывод

- Определены причины низкой энергоэффективности панельных зданий до 1999 года постройки.
- Произведен расчет утепления наружных ограждающих конструкций.

- Выполнен расчет снижения тепловой нагрузки на систему отопления при утеплении здания в соответствии с нормативными требованиями.

Литература

1. Стражников А. М., Горинов А. Б. Снижение теплопотерь в жилых зданиях при капитальном ремонте. Энергосбережение, № 5, 2010. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4642 (дата обращения 02.03.2021).
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением № 1). М.: Минрегион России, 2012. 98 с.
3. СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология». М.: Стандартинформ, 2019. 101 с.
4. Табунщиков Ю. А., Ливчак В. И., Гагарин В. Г., Шилкин Н. В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий. АВОК, №5, 2009. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4360 (дата обращения 02.03.2021).
5. Качкаев П. Р. Капитальный ремонт в России – больше, чем ремонт. Энергосбережение, № 5, 2017. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6709 (дата обращения 02.03.2021).

УДК 697.341

Денис Игоревич Ижорский, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: den.izhorskiy@bk.ru

Denis Igorevich Izhorskiy, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: den.izhorskiy@bk.ru

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ МИКРОКЛИМАТА

ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN REGULATORY DOCUMENTS IN THE FIELD OF MICROCLIMATE

В современном мире возрастает спрос на комфорт и экономию средств. Соответственно появляется необходимость в совершенствовании систем жизнеобеспечения зданий. Касается это в первую очередь регулирования

нормативной документации в данной области. Цель статьи заключается в рассмотрении существующих требований к вентиляции и качеству внутренних параметров микроклимата, содержащихся в отечественных и зарубежных нормативных документах. В статье приведен сравнительный анализ и краткое описание требований США, Европы и России к объему приточного воздуха и качеству внутренних параметров воздуха в помещении. Рассмотрены различия и направление развития.

Ключевые слова: нормативная документация, вентиляция, внутренние параметры, микроклимат, приточный воздух.

In the modern world, the demand for comfort and cost savings is increasing. Accordingly, there is a need to improve the life support systems of buildings. This concerns primarily the regulation of regulatory documents in this area. The purpose of the article is to consider the existing requirements for ventilation and the quality of internal microclimate parameters contained in domestic and foreign regulatory documents. The article provides a comparative analysis and a brief description of the requirements of the USA, Europe and Russia to the volume of supply air and the quality of the internal parameters of air in the room. Differences and direction of development are considered.

Keywords: regulatory documentation, ventilation, internal parameters, microclimate, supply air.

Снижение производительности труда, постоянные болезни персонала, грибок, разрушающий ограждающие конструкции – вот далеко не полный перечень проблем современного, сверкающего белизной герметичных стеклопакетов здания, в которое не поступает необходимого количества свежего воздуха. Правильный выбор количества и качества наружного воздуха является одной из главных характеристик санитарно-гигиенических норм. От данного показателя зависит уровень комфорта, качество трудового процесса, тепловые и холодильные нагрузки, здоровье и производительность. Исходя из этого, каждое инженерное решение по обеспечению качества воздуха должно быть организовано согласно требованиям нормативных документов, основанных на множестве исследований и накопленном опыте. Так же наружный воздух должен поступать в помещение объемом не меньшим, чем необходимо для компенсации удаляемого воздуха, покидающего здание через местные отсосы или по каналам механической вентиляции.

На сегодняшний день при учете герметичности оконных проемов и повышении теплозащиты в строящихся зданиях важнее становится установление оптимальных параметров микроклимата и воздухообмена.

На международном уровне такие организации, как Ассоциация инженеров по вентиляции, отоплению, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике (АВОК), Международная организация по стандартизации (*ISO*), Американское общество инженеров в сфере отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха (*ASHRAE*), Европейский комитет по стандартизации (*CEN*), Федерация европейской ассоциации в сфере отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (*REHVA*) и другие, каждый год рассматривают, пересматривают, выпускают дополнения и новые документы, касающиеся микроклимата и воздухообмена помещений.

Стоит отметить международные и национальные стандарты и нормативные документы, определяющие требования к системам вентиляции и кондиционирования воздуха, такие как СП 60.13330.2016 [1], *ASHRAE* 62.1-2019 [2], *EN* 13779-2007 [3]), микроклимат помещений (ГОСТ 30494-2011 [4], *ASHRAE* 55-2017 [5], *EN ISO* 7730-2011 [6], *EN* 15251-2007 [7]). Перечисленная нормативная документация определяет требования и методы для достижения наилучшего качества и количества внутреннего микроклимата помещения при проектировании и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

В настоящее время в связи с распространением вируса *COVID-19*, федерация европейских ассоциаций по отоплению вентиляции и кондиционированию воздуха (*REHVA*) рекомендует максимально повысить подачу свежего наружного воздуха в помещение, поскольку концентрация бактерий в наружном воздухе ничтожно мала и способствует снижению концентраций бактерий в помещении. Так же стоит заметить, что в США практически во всех зданиях используются системы подачи воздуха с рециркуляцией, вследствие чего из-за смешения внутреннего воздуха

с наружным не все бактерии удаляются из помещений. Эксперты Российской Федерации рекомендуют отказаться от систем с рециркуляцией воздуха на время пандемии для минимизации распространения инфекции. Однако собственники зданий не всегда прислушиваются к экспертам и продолжают использоваться данные системы. Это является одной из причин такого большого количества заболевших.

Рециркуляцией не является перемешивание воздуха в пределах одного помещения, в том числе сопровождаемое нагреванием (охлаждением) отопительными агрегатами (приборами) или вентиляторами. Рециркуляция воздуха – это подмешивание воздуха помещения к наружному воздуху и подача этой смеси в данное или другие помещения. Системы вентиляции с рециркуляцией воздуха являются энергоэффективными. Так, в Европейском союзе действует маркировка и стандарты энергоэффективности по 7-балльной шкале (A-G). В свою очередь, США установлен рейтинг *EnergyStar*, который определяет 25 % лучших по энергоэффективности изделий, систем, зданий [8].

Расчет влияния вентиляционной системы на энергоэффективность зданий регулируется в основном следующими стандартами: *EN ISO 13790* [9], *EN 15251* [7], *EN 13779* [3], *EN 15241* [10], *EN 15242* [11].

Требуемые величины параметров внутреннего микроклимата помещений, регламентируемые стандартами России, США и Европы, указаны в Таблице 1. В тексте документов *ASHRAE* и *EN* значения вентиляционного воздухообмена указаны в л/с, для сравнения с Российскими стандартами значения пересчитаны на м³/ч (1 л/с = 3,6 м³/ч).

Все стандарты, рассмотренные в настоящей статье, определяют требования к вентиляции в помещениях, касаются комфорта и здоровья людей, пребывающих в данных помещениях.

Главной причиной различия стандартов *ASHRAE* и *EN* является тот факт, что требования *ASHRAE* основаны на адаптировавшихся пользователях (люди привыкают к качеству воздуха на протяже-

нии, как минимум, 15 минут), а европейские рекомендации – при отсутствии такой адаптации [12–14].

Таблица 1

Требуемые величины параметров микроклимата помещений.

Параметр	Российские стандарты	Стандарты ASHRAE (США)	Европейские стандарты
Температура в холодный период времени, °С	15÷24	18÷24	19÷25
Температура в теплый период времени, °С	18÷28	22÷26	22÷27
Относительная влажность, %	30÷60	30÷65	20÷70
Скорость воздуха, м/с	0.15÷0.3	≤ 0.25	0.15÷0.3
Допустимый уровень CO ₂ , ppm	400÷1000	Не более чем на 700 выше уровня наружного воздуха	350÷800

Увеличение воздухообмена повышает комфорт, однако вместе с этим: увеличиваются энергетические затраты на обработку и транспортировку наружного приточного воздуха, усложняются системы вентиляции и воздухораспределения [15]. *EN 15251* не уделяет достаточно внимания очистке воздуха, в сравнении с *ASHRAE 62.1*. Однако с каждым днем все больше специалистов проявляют интерес к разработке оборудования для очистки воздуха. Это может стать одним из способов уменьшения расхода наружного воздуха и позволит сэкономить энергию, обеспечивая оптимальное качество внутреннего воздуха. *CEN-ISO* и *ASHRAE* разрабатывают стандартные методы испытаний, которые будут измерять эффективность очистки воздуха или эквивалентное количество наружного воздуха, называемое скоростью подачи чистого воздуха [16].

В обоих стандартах методика определения расхода приточного воздуха базируется на следующей формуле:

$$V_{bz} = R_p \cdot P_z + R_a \cdot A_z, \quad (1)$$

где R_p – требуемый расход приточного воздуха на человека, м³/ч; P_z – количество людей на единицу площади; R_a – требуемый расход приточного воздуха на единицу площади помещения, м³/ч; A_z – площадь помещения, м².

Таблица 2

Минимальный расход наружного воздуха

Параметр	Российские стандарты	Стандарты ASHRAE (США)	Европейские стандарты
Расход наружного воздуха	18–72 м ³ /ч на человека или 1–3 м ³ /ч на м ² *	9-36 м ³ /ч на человека + 1.1–3.2 м ³ /ч на м ² или 2.4–37.1 м ³ /ч на м ² **	14.4–52.9 м ³ /ч на человека + 1.1–7.2 м ³ /ч на м ² ***

* Расход наружного воздуха в помещении принимается не менее минимального значения, определенного нормой на 1 человека или на 1 м² помещения (если в нем не предусмотрено постоянное нахождение людей) либо по формулам из условия ассимиляции тепло- и влаговывделений и по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ, принимая большую из величин.

** Расход наружного воздуха в помещении принимается как сумма постоянных (из расчета расхода на 1 м² помещения) и переменных (из расчета расхода на 1 человека) показателей либо, при фиксированном числе потребителей, как неизменную величину.

*** Расход наружного воздуха в помещении принимается достаточным, чтобы рассеивать биологические выделения людей и вредности, выделяемые самим зданием и его инженерными системами.

В Российском стандарте расчет ведется по семи формулам: по избыткам влаги, по избыткам полной теплоты, по избыткам явной теплоты, по нормируемой кратности воздухообмена, по нормиру-

емому удельному расходу приточного воздуха на единицу площади или количество потребителей.

Из полученных численных значений выбирается самый высокий показатель. В связи с этим на практике при проектировании систем, разработке отдельных элементов и выборе методов и средств автоматизации встречаются случаи односторонней оценки тех или иных решений без должного обоснования их оптимальности для заданных конкретных условий.

Проанализировав действующие технические регламенты разных стран, можем с уверенностью сделать следующие выводы:

- значения показателей, приведенных в используемых на практике российских нормативах и стандартах, существенно расходятся, что объясняется трудностью понимания некоторых требований;
- величины расхода приточного воздуха, указанные в нормативных документах, ниже, чем рекомендуемые значения, опубликованные в американских и европейских стандартах. В результате в помещении обеспечиваются более высокие концентрации загрязнений и более низкий уровень вентиляционного воздухообмена;
- существует необходимость согласования требований к вентиляции и качеству внутреннего воздуха международного уровня.

Литература

1. СП 60.13330.2016 Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/456054205> (дата обращения 04.03. 2021).
2. ASHRAE/ANSI Standard 62.1-2019 Ventilation for acceptable indoor air quality. URL: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2> (дата обращения 04.03. 2021).
3. EN 13779:2007 Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/1200062568> (дата обращения 04.03. 2021).
4. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения 04.03. 2021).
5. ANSI/ASHRAE Standard 55-2013 Thermal environmental conditions for human occupancy. URL: <https://webstore.ansi.org/standards/ashrae/ansiashrae552013> (дата обращения 04.03.2021).

6. EN ISO 7730:2011 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort. URL: <https://www.iso.org/standard/79394.html> (дата обращения 04.03.2021).

7. EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings. URL: <https://www.iea.org/policies/7029-en-152512007> (дата обращения 04.03.2021).

8. Сайт Energystar. URL: <https://www.energystar.gov> (дата обращения 04.03.2021).

9. ISO 13790:2008 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. URL: <https://www.iso.org/standard/41974.html> (дата обращения 04.03.2021).

10. EN 15241:2007-09 Ventilation for buildings – Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in commercial buildings. URL: <https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2007/i.s.en15241-2007%2Bac-2011.pdf?sku=688061> (дата обращения 04.03.2021).

11. EN 15242:2007-09 Ventilation for buildings - Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration. https://infostore.saiglobal.com/preview/98696843058.pdf?sku=863269_SAIG_NSAI_NSAI_2053524 (дата обращения 04.03.2021).

12. Gunnarsen L., Fanger P. O. Adaptation to indoor air pollution // Environment International. 1992. Vol. 18. С. 43–54.

13. USA – Europe: disagreements remain // Results of REHVA forum. 2009. № 5.

14. Проблемы сравнения энергетических характеристик зданий // АВОК. 2010. № 2. С. 4–6.

15. Olesen B. W. Revision of EN 15251. Indoor environmental criteria // REHVA Journal. 2012. № 49(4). С. 6–12.

16. Olesen B. W. Standards for ventilation and indoor air quality in relation to the EPBD // REHVA Journal. 2011. № 1. С. 28–32.

17. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/456054198> (дата обращения 04.03.2021).

18. СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/1200092705> (дата обращения 04.03.2021).

19. ГОСТ Р EN 13779-2007 Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. URL: <https://svoe.guru/wp-content/uploads/2017/12/GOST-R-EN-13779-2007.pdf> (дата обращения 04.03.2021).

УДК 697

Егор Александрович Ильин, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: Egor.Ilin.98@bk.ru

Egor Alexandrovich Ilin, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Egor.Ilin.98@bk.ru

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНЖЕНЕРНОГО
МЕТОДА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ
ПРИТОЧНОЙ НАСТИЛАЮЩЕЙСЯ
НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУИ НА ПРИМЕРЕ
ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ *TROX WDV 600X24***

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS
OF NUMERICAL MODELING AND THE
ENGINEERING METHOD FOR CALCULATING
THE PARAMETERS OF A SUPPLY
NON-ISOTHERMAL JET USING THE EXAMPLE
OF THE *TROX WDV 600X24* AIR DISTRIBUTOR**

Рассмотрены особенности инженерного метода расчета системы воздухораспределения и подбора воздухораспределителей. Представлены результаты численного моделирования тепловоздушных потоков в «чистом» помещении. Выполнено сравнение результатов инженерного и численного методов расчета с нормируемыми значениями. Выявлены причины, определяющие необходимость выполнения численного эксперимента. Проанализирована специфика работы с фармацевтическим производством в программном комплексе *Star CCM+*, а также характерность системы вентиляции и распределения воздушных потоков в данном производстве. Описаны причины, влияющие на микроклимат «чистого» помещения фармацевтического производства класса *D*.

Ключевые слова: «чистое помещение», математическое моделирование, воздухораспределитель *Trox*, неизотермическая струя, *Star CCM+*.

The features of the engineering method for calculating the air distribution system and the selection of air distributors are considered. The results of numerical mod-

eling of warm air flows in a “clean” room are presented. Comparison of the results of engineering and numerical calculation methods with standardized values is carried out. The reasons for the necessity of performing a numerical experiment are revealed. The specificity of work with pharmaceutical production in the Star CCM+ software package is analyzed, as well as the specificity of the ventilation and air flow distribution system in this production. The reasons influencing the microclimate of the “clean” premises of pharmaceutical production of class D are described.

Keywords: “clean room”, mathematical modeling, Trox air diffuser, non-isothermal jet, Star CCM+.

Введение

Основные производственные помещения фармацевтического предприятия НТЦ «Полисан» относятся к категории чистых помещений. В данной работе предпринята попытка проанализировать результаты расчетов тепловоздушных процессов в таком помещении с использованием инженерного метода и численного моделирования дифференциальных уравнений Навье-Стокса, энергии и примеси.

При проектировании разделов отопления и вентиляции (ОВ) обычно применяется упрощенный метод расчета, заключающийся только в подборе типоразмера и количества воздухораспределителей (далее ВР). В этом случае количество воздухораспределителей подбирается по расходу, предварительно принятому количеству ВР и скорости воздуха на выходе из ВР в пределах $2\div 4$ м/с, которая зависит от конструктивных характеристик ВР. Данный метод не дает точного представления о пространственном распределении параметров воздуха в помещении, температуре и скорости движения воздуха в рабочей (обслуживаемой) зоне, что особенно важно знать в помещениях, относящихся к категории «чистых».

Инженерный метод расчета заключается в расчете параметров приточной струи с учетом взаимодействия с ограждающими конструкциями, другими параллельными или сталкивающимися струями, а также влияния неизотермичности. Но метод позволяет оценить соответствие расчетных параметров нормируемым зна-

чением только в характерной точке рабочей или обслуживаемой зоны, без представления пространственных характеристик воздушных потоков в помещении.

В качестве примера принято проектное решение чистого помещения фармацевтического производства НТЦ “Полисан” класса *D*, для которого выполнены расчеты приточной неизотермической турбулентной настилающейся струи по инженерному методу и численное моделирование с последующим анализом данных. На рис.1 и 2 представлены общий план помещения и модель помещения с размещением ВР.

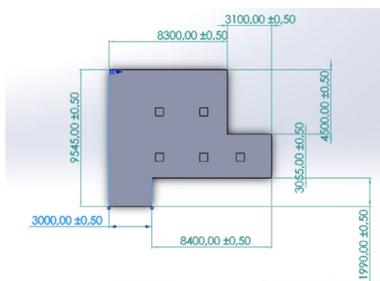


Рис. 1. План помещения

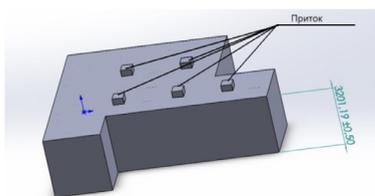


Рис. 2. План помещения

Для подачи воздуха приняты ВР *TROX WDV 600×24* с размерами 600×600 мм и высотой статической камеры 345 мм в количестве 5 штук, размещенные на отм.+3.201 мм. Подача воздуха осуществляется из верхней части помещения, а удаление из нижней части (рис. 3).

Постановка задачи

Учитывая специфику помещения [1], выбрана схема организации воздухообмена сверху-вниз с подачей настилающимися верными струями (рис. 4).

Тип воздухораспределительного устройства [2] потолочный вихревой диффузор *TROX* серии *WDV 600×24* со статической камерой (рис. 5).

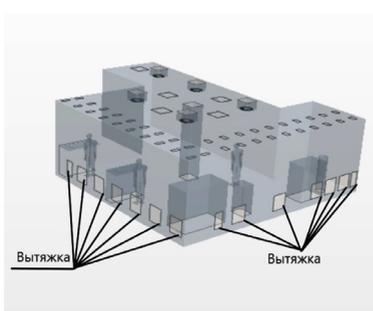


Рис. 3. Организация воздухообмена в помещении

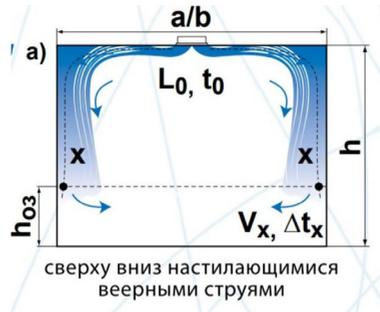


Рис. 4. Схема подачи воздуха

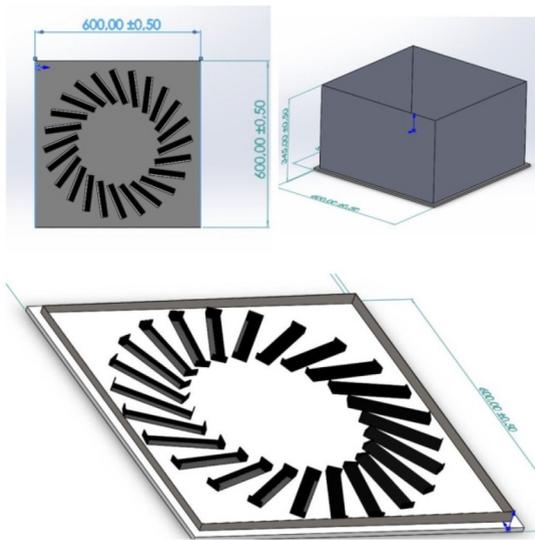


Рис. 5. Воздухораспределитель TROX WDV 600×24

Инженерный метод расчета выполняется в соответствии с методикой компании Арктос [3]. Все необходимые параметры для расчета заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные

Параметры	Наименование	Значения	Размерность
$F_{\text{о.з.}}$	Площадь модуля помещения, обслуживаемого одним ВР	14,72	м ²
h_{o}	Высота установки ВР	3,2	м
$h_{\text{о.з.}}$	Высота рабочей зоны	1,5	м
$T_{(\infty)}$	Температура окружающего воздуха	25	°С
m	Скоростной коэффициент ВР	2,6	–
n	Температурный коэффициент ВР	2,2	–
V_{o}	Скорость воздуха в расчётном сечении	3,5	м/с
F_{o}	Площадь расчетного сечения ВР	0,36	м ²
g	Ускорение свободного падения	9,81	м/с ²
Δt_{o}	Избыточная температура воздуха в приточной струе	5	°С
t_{o}	Температура приточного воздуха	20	°С
$t_{\text{о.з.}}$	Средняя температура в рабочей зоне	25	°С
L_{o}	Объемный расход воздуха через ВР	621	м ³ /ч
$K_{\text{с}}$	Коэффициент стеснения	0,81	–
$K_{\text{в}}$	Коэффициент взаимодействия	1	–
$K_{\text{н}}$	Коэффициент неизотермичности	1	–
a	Длина модуля помещения, обслуживаемого одним ВР	4,6	м
b	Ширина модуля помещения обслуживаемого одним ВР	4,6	м
x	Расстояние от истечения до места входа струи в рабочую зону по аэродинамической оси	3,62	м
H	Геометрическая характеристика приточной струи	3,4	м

Параметры	Наименование	Значения	Размерность
x_b	Расстояние от ВР до вершины струи	3,9	м
V_x	Максимальная скорость воздуха в приточной струе на расстоянии x	0,2	°С
Δt_x	Максимальная избыточная температура воздуха в приточной струе на расстоянии x	2,1	м/с

Определяется расчетная длина струи:

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{F_{o.з.}} + h_o - h_{o.з.},$$

$$x = 0,5 \cdot \sqrt{14,72} + 3,2 - 1,5 = 3,62, \text{ м.} \quad (1)$$

Геометрическая характеристика H определяется по формуле:

$$H = \frac{\sqrt{T_\infty} \cdot m \cdot V_o \cdot \sqrt[4]{F_o}}{\sqrt{n \cdot \Delta t_o \cdot g}},$$

$$H = \frac{\sqrt{25} \cdot 2,6 \cdot 3,5 \cdot \sqrt[4]{0,36}}{\sqrt{2,2 \cdot 5 \cdot 9,81}} = 3,4, \text{ м} \quad (2)$$

Проверяется условие сохранения вида струи:

$$x_g = 0,82 \cdot H,$$

$$x_g = 0,82 \cdot 3,4 = 3,9, \text{ м} \quad (3)$$

Значение коэффициента стеснения K_c принимается по [3] по (рис. 6).

$\frac{h - h_{0,3}}{\sqrt{a \cdot b}}$	0,1	0,4	0,8	1,2	1,5	2,0
K_c	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,6

Рис. 6. Значение коэффициента стеснения K_c

Максимальные параметры воздуха на основном участке струи на расстоянии x от ВР:

$$V_x = \frac{m \cdot L_0}{x \cdot \sqrt{F_0}} \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n, \quad (4)$$

$$V_x = \frac{2,6 \cdot 621}{3,9 \cdot \sqrt{0,36}} \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 = 0,2, \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{F_0}}{x} \cdot \frac{K_b}{K_c \cdot K_n}, \quad (5)$$

$$\Delta t_x = \frac{2,2 \cdot 5 \cdot \sqrt{0,36}}{3,9} \cdot \frac{1}{1 \cdot 0,81} = 2,1, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Математическое моделирование тепловоздушных процессов выполняется в программном комплексе *Star CCM+*, в основе которого лежит решение системы дифференциальных трехмерных уравнений Навье–Стокса. При определении воздухообмена учитываются данные [4]. Тепловыделения от оборудования, освещения, людей сводятся в табл. 2.

Тепловыделения от людей принимаются при категории работ по уровню энергозатрат Пб, так как работы связаны с ходьбой, перемещением тележек и переносок весом до 10 кг, при температуре окружающего воздуха 25 °С по [5]. Параметры приточного и удаляемого воздуха приводятся в табл. 3.

Таблица 2

Тепловыделения

Наименование	Тепловыделение, Вт
Оборудование 1	1748
Оборудование 2	1000
Оборудование 3	1000
Освещение	500
Люди	252
Сумма	4500

Таблица 3

**Параметры приточного и удаляемого воздуха
расчетного помещения**

	Расход воздуха м ³ /ч (кг/с)	Температура, °С	d , кг/м ² *°С
Приток	621 (0,207)	20	0,075
Вытяжка	621 (0,207)	24	0,075

В качестве исходных данных принимаются: тепловыделения и влаговыведения от людей, оборудования, освещения; параметры приточного воздуха; параметры удаляемого воздуха. При построении расчетной сетки принимается базовый размер ячейки 0,1 м, а в зоне настиления струи создается сгущение сетки 0,025 м и 0,0125 м (рис. 7).

Расчет завершен при достижении сходимости (рис. 8).

На рис. 9 приводятся линии тока, полученные в результате численного моделирования, которые наглядно подтверждают наличие настилающихся струй и конвективных потоков от источников теплоты.

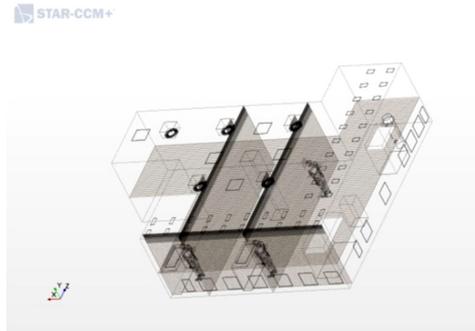


Рис. 7. Расчетная сетка в Star CCM+

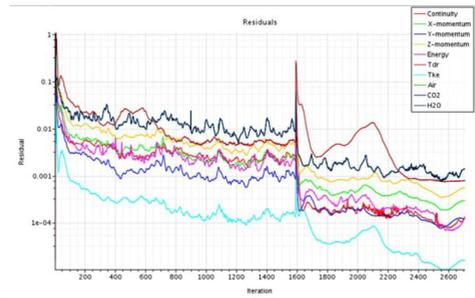


Рис. 8. График сходимости задачи «Residuals»

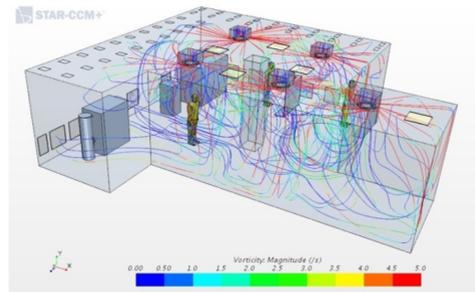


Рис. 9 Линии тока

На рис. 10, 11, 12, 13 представляются поля распределения температуры и скорости движения воздуха в плоскости помещения шириной и длиной 4,6 м и высотой 3,2 м (рис. 5) с расчетной точкой X согласно вышеприведенному расчету, а также на уровне рабочей зоны.

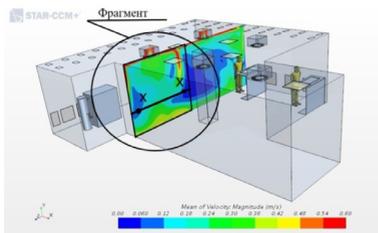


Рис. 10. Поле скорости движения воздуха для выбранного сечения

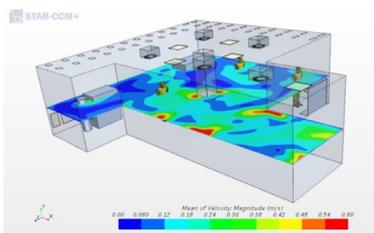


Рис. 11. Поле скорости движения воздуха в рабочей зоне

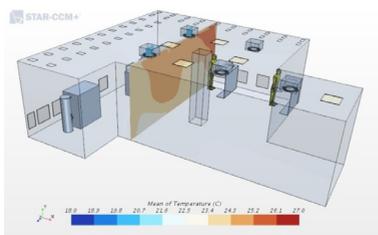


Рис. 12. Температурное поле для выбранного сечения

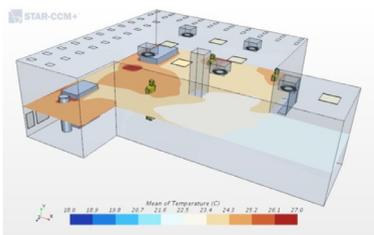


Рис. 13. Температурное поле в рабочей зоне

Результаты сравнения для расчетной точки приводятся в табл. 5. Имеет место соответствие температуры и скорости движения воздуха и отклонение по избыточной температуре, обусловленное особенностями методов расчета.

Результаты обработки параметров воздуха в плоскости на уровне рабочей зоны (табл. 6) показывают соответствие по температуре и расхождение по скорости воздуха.

Таблица 5

**Результаты сравнения для расчетной точки
в теплый период года**

Физические значения	Инженерный метод по [3]	Моделирование в <i>Star CCM+</i>	Допустимые значения по [5]
V_x , м/с	0,16	0,12	До 0,2
$t_{0,3}$, °С	25	23,4	16,0÷27,0
Δt_x , °С	2,1	3,4	2,5 °С [6]

Таблица 6

**Результаты обработки параметров воздуха
в теплый период**

Параметры микроклимата	Допустимые значения по [5]	<i>Star CCM+</i>
t_b , °С	16,0÷27,0	20÷27
v_b , м/с	до 0,2	До 0,6

Значения скоростей в точке рабочей зоны по расчету [3] $V_x = 0,16$ м/с и по расчету математическим моделированием $V_x = 0,12$ м/с. Данное расхождение объясняется, что *Star CCM+* более точно учитывает взаимное влияние струй соседних ВР, преград на пути струй (колонны, люди, оборудование, освещение) по сравнению с инженерным методом, которые создают дополнительное сопротивление, что сказывается на увеличении скорости.

Значения температуры и скорости движения воздуха соответствуют допустимым значениям микроклимата по [5]. Однако допустимое отклонение температуры воздуха в первом случае соответствует нормируемым значениям $\Delta t_x = 2,1$ °С, а в численном эксперименте эта величина превышает $\Delta t_x = 3,4$ °С, поскольку в данном случае это можно объяснить действием циркуляционных течений воздуха.

Заключение

Анализ результатов инженерного метода расчета показывает невозможность обоснования выбора рациональной схемы организации воздухообмена и воздухораспределения только на основании расчета приточной струи. Необходим учет расположения источников и стоков теплоты, определяющих характер циркуляции воздушных потоков в помещении.

Литература

1. Ильин Е. А. Особенности проектирования систем кондиционирования и вентиляции чистых помещений в асептическом фармацевтическом производстве // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений. Курск.: ЮЗГУ. 2020. С. 123–129.
2. Каталог продукции «TROX». URL: <https://www.trox.ru/-vdw-d30dfad8-d7b64f2c> (дата обращения 08.02.2021)
3. Каталог продукции «Арктос». URL: <http://www.arktos.ru/catalogue.phtml> (дата обращения 08.02.2021)
4. EU GMP (Guide to Good Manufacturing Practice). URL: https://ec.europa.eu/health/documents/eudralex/vol-4_en (дата обращения 11.02.2021)
5. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные. М.: Постановление Госкомсанэпиднадзора России, 1996. 11 с.
6. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стандартинформ, 2016. 104 с.

УДК 697

Кристина Валерьевна Клубникина,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: Klubnikina.Kristina@bk.ru

Kristina Valerievna Klubnikina,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Klubnikina.Kristina@bk.ru

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ КОТЕЛЬНЫХ

RELIABILITY INDICATORS OF BOILER HOUSE

На сегодняшний день большинство застройщиков крупных городов, например, Санкт-Петербурга, предпочитают, если есть возможность, строить собственные котельные на территории жилых кварталов (ЖК). Данное решение привлекает большее количество потенциальных покупателей, так как такие ЖК уже приближаются к классам «комфорт» и выше, а также имеют некие значительные преимущества перед ЖК, снабжающимися тепловой энергией от сторонних организаций. В статье определены и рассматриваются основные показатели надежности котельных, а также приведены преимущества и недостатки их строительства.

Ключевые слова: котельные установки, надежность, теплоснабжение, тепловые сети, показатели.

Today, the majority of developers in large cities, for example, St. Petersburg, if they have opportunities, they prefer to build their own boiler houses on the territory of residential areas (RA). This solution attracts large number of potential buyers, because such residential complexes have already been approximating the comfort classes and higher and also have some significant advantages over RA supplied with heat from third-party organizations. The article identifies and discusses the main indicators of the reliability of boiler houses as well as the advantages and disadvantages of construction.

Keywords: boiler house, reliability, heat supply, heating networks, indicators.

При принятии решения о строительстве котельной на территории жилого квартала необходимо рассмотреть все преимущества и недостатки. Прокладка тепловой сети в несколько километров от централизованной системы теплоснабжения города значительно увеличивает стоимость жилья, а строительство «собственной» котельной позволяет снизить эти затраты. Также исклю-

чает зависимость от сторонних организаций (ГУП «ТЭК СПб», ООО «ПетербургГАЗ» и др.) при подключении зданий к системам теплоснабжения. Происходит освобождение дворовых территорий от прокладки большого количества различных коммуникаций и, как следствие, появляется возможность более рационально обустроить зону отдыха для будущих жильцов нового ЖК. Главным преимуществом является экономия затрат на нужды теплоснабжения объектов жилого квартала, так как меняется тариф, нагрузка и соответственно – стоимость.

Также уровень аварий у индивидуальных котельных гораздо ниже из-за относительно небольших нагрузок, но их необходимо снабжать резервными котлами, которые повышают надежность бесперебойной подачи тепловой энергии потребителям (весьма актуально так как большинство застройщиков помимо жилых домов закладывают в проекты строительство детских дошкольных учреждений (ДОУ), в которых дети могут находиться круглосуточно, а в данном случае возникает требование к непрерывной подаче тепловой энергии от котельных установок). Отсюда появляется такой недостаток, как высокая стоимость оборудования.

Не стоит забывать и о необходимости очистки дымовых газов, загрязняющих экологическую среду города.

Котельные по надежности отпуска тепловой энергии подразделяются на две категории:

- к первой категории относятся котельные установки, которые являются единственным источником тепловой энергии для потребителей первой категории (потребители, требующие бесперебойной подачи и не допускающие перерывов в подаче тепловой энергии, а также не допускающие понижения температуры воздуха в помещениях (к ним относятся: ДОУ с круглосуточным пребыванием детей, лечебницы, роддом, галереи и т. д.);

- ко второй категории относятся все остальные котельные.

При принятии решения о строительстве котельной необходимо также учитывать надежность обеспечения тепловой энергией потребителей.

Рассмотрим основные показатели надежности котельных установок:

- средняя наработка на отказ;
- коэффициент технического использования;
- коэффициент готовности установки;
- расчетный срок службы;
- расчетный ресурс элементов, работающих при температуре, соответствующей области ползучести металла;
- установленный срок службы между капитальными ремонтами;
- удельная суммарная продолжительность ремонтов на один год ремонтного цикла.

Среднюю наработку на отказ, коэффициенты готовности и технического использования основного оборудования котельной установки назначают в соответствии с требованиями национальных стандартов.

Критерий наработки на отказ характеризует надежность восстанавливаемого прибора (вышедшего из строя по различным причинам), устройства или всей системы целиком.

Средняя наработка на отказ оборудования котельных установок рассчитывается по зависимости [1]

$$T_0 = \frac{\sum T_{\text{раб}}}{\sum n} \text{ ч}, \quad (1)$$

где $\sum T_{\text{раб}}$ – суммарная наработка всей группы установок с аналогичным оборудованием в рассматриваемый период календарного времени, ч (этот период – не менее 2 лет); $\sum n$ – число отказов за этот период календарного времени.

Данный показатель позволяет оценить необходимость установки резервного оборудования для достижения бесперебойной подачи тепловой энергии потребителям котельной (необходимое требование для потребителей первой категории).

Коэффициент технического использования оборудования котельных установок рассчитывается по формуле из [1]

$$K_{\text{ТИ}} = \frac{T_{\text{к}} - \sum T_{\text{пл}} - T_{\text{в}}}{T_{\text{к}}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $T_{\text{к}}$ – календарное время, ч; $\sum T_{\text{пл}}$ – продолжительность плановых простоев в ремонте за календарное время, ч; $T_{\text{в}}$ – время восстановления энергоблока, ч.

Коэффициент технического использования показывает отношение суммарного времени пребывания котельных в работоспособном состоянии с учетом всех простоев, обусловленных техническим ремонтом, обслуживанием или заменой оборудования к суммарному времени пребывания котельной в работоспособном состоянии. Другими словами, данный параметр характеризует ремонтпригодность оборудования котельных.

Коэффициент готовности оборудования котельной установки определяется в соответствие с зависимостью [1]

$$K_{\text{Г}} = \frac{\sum T_{\text{раб}}}{\sum T_{\text{раб}} + \sum T_{\text{в}}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где $\sum T_{\text{раб}}$ – суммарная наработка котельной в рассматриваемый период, ч; $T_{\text{в}}$ – суммарное время восстановления котельной за тот же период, ч.

Коэффициентом готовности $K_{\text{Г}}$ называется коэффициент технического использования, принятый за период между плановым ремонтом котельной установки и ее техническим обслуживанием.

Данный коэффициент позволяет оценить непреднамеренные остановки оборудования, входящего в состав котельной установки, наличие которых свидетельствуют о том, что плановые ремонтные работы и мероприятия по техническому обслуживанию не в полной мере выполняют свою роль. Коэффициент численно отражает

вероятность работоспособности объекта в произвольный момент времени между запланированными ремонтными работами.

Расчетный срок службы котельных установок и входящего в их состав вспомогательного оборудования должен быть более 40 лет, за исключением элементов, перечень и срок службы которых установлены в национальных стандартах или технических условиях на конкретное оборудование. Расчетный срок службы котла не обязательно должен совпадать с фактическим сроком. Данный расчет необходимо вести на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации котла так как таким образом возможно определить его предполагаемый срок службы, из-за того, что на этот показатель оказывают влияние накапливаемые повреждения, появляющиеся вследствие ползучести.

Расчетный ресурс элементов, входящих в состав котельной установки и работающих при температуре, соответствующей области ползучести металла, должен составлять не менее 200 000 ч, кроме оборудования и его элементов, числящихся в национальных стандартах.

Данный показатель отображает продолжительность эксплуатации оборудования, в течение которого изготовитель гарантирует надежность его работы при условии выполнения всех требований, указанных в предоставляемых инструкциях заказчику, также в них указывается расчетное число запусков.

Установленный срок службы между капитальными ремонтами для основного оборудования котельных – не менее пяти лет, за исключением установок с пылеугольными котлами энергоблоков мощностью 800 МВт и с мощностью 500 МВт, работающих на углях с зольностью A_p больше 50 % (типа экибастузских), для них срок службы между капитальными ремонтами не менее четырех лет.

Данный показатель отображает продолжительность эксплуатации агрегата до его разрушения или другого критического состояния (т. е. до первого капитального ремонта). Он лимитируется физическим износом оборудования и входящих в его состав элементов.

Удельную суммарную продолжительность ремонтов на один год ремонтного цикла устанавливают уже после проведения первого капитального ремонта головного оборудования котельных установок и поставки его на промышленное производство, так как будут известны его примерные сроки ремонта.

Анализ надежности и качества теплоснабжения объектов (котельные), вывод которых из эксплуатации грозит нарушением надежности теплоснабжения потребителей, следует выполнять на основе анализа установленной тепловой мощности на генерирующем объекте и присоединенной тепловой нагрузки [5].

Заключение. Для бесперебойной работы системы и обеспечения высокой надежности теплоснабжения потребителей котельных необходимо определять приведенные в данной статье показатели надежности и только на их основе принимать решение о строительстве котельных на территории жилых кварталов.

Литература

1. ГОСТ Р 55173-2012 Установки котельные. Общие технические требования. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293776/4293776646.pdf> (дата обращения 18.02.2021).
2. «Нормативная база проектирования»; электронный источник URL: <https://zdamsam.ru/a23309.html> (дата обращения 18.02.2021).
3. Дулов О. А., Абрамов А. В. Основы теории надежности: практикум по дисциплине «Основы теории надежности. Ульяновск: УлГТУ, 2015. 62 с.
4. «Большая энциклопедия нефти и газа» URL: <https://www.ngpedia.ru/id114002p1.html> (дата обращения: 18.02.2021).
5. Приказ Минэнерго России от 05.03.2019 № 212 «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения» (Зарегистрировано в Минюсте России 15.08.2018 № 55629). URL: <https://base.garant.ru/72609692/> (дата обращения 18.02.2021).

УДК 614.814.4

Кирилл Алексеевич Копылов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kreak@mail.ru

Kirill Alekseevich Kopylov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kreak@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ВЪЕЗДЕ НА ПОДЗЕМНУЮ АВТОСТОЯНКУ

SIMULATION OF THE COMBUSTION PROCESS OF A CAR AT THE ENTRANCE TO AN UNDERGROUND CAR PARKING

Статья позволяет рассматривать смоделированный сложный процесс горения автомобиля. Расчеты и результаты, полученные математическим методом исследования, позволяют наглядно продемонстрировать течение воздушных масс в помещении ramпы, так же представлены результаты расчета полей скоростей и температур в вертикальном сечении модуля задачи. Полученные результаты исследования позволяют проверить теоретическую часть протекающих процессов в приближенных к реальным условиям, выделить особенности течения воздушных масс при разных стадиях протекания пожара. Определение зависимости распределения полей скоростей и температуры от объемно-планировочных решений.

Ключевые слова: температурные поля, численный метод, процесс горения, автостоянка, вентиляция, дымоудаление.

The article allows us to consider a simulated complex combustion process of a car. Calculations and results obtained by the mathematical research method allow to visually demonstrate the flow of air masses into the ramp room, as well as the results of calculating the fields of velocities and temperatures in the vertical section of the problem module. The obtained results of the study make it possible to check the theoretical part of the ongoing processes in close to real conditions, to highlight the features of the flow of air masses at different stages of the course of the fire. Determination of the dependence of the distribution of the velocity and temperature fields on the volumetric planning solutions.

Keywords: temperature fields, numerical method, combustion process, parking, ventilation, smoke removal systems.

Одной из актуальных проблем проектирования систем противодымной вентиляции для подземных автостоянок остается недостаточная трактовка требований [1–4] к системам дымоудаления и противопожарной сигнализации к наклонным участкам конструкций автостоянок (рампа). Мониторинг проблемы показывает, что наиболее важным звеном в решении является рациональность проектирования и использования отдельных систем дымоудаления для помещений рамп.

Предпосылками постановки задачи являются: неопределенный характер распределения воздушной смеси и дымовых газов при неограниченном постоянном притоке воздуха в зону горения, определение превышения высоты конвективной колонки над очагом пожара, растекание газов вдоль потолочного пространства при различных температурно-скоростных условиях, определения возможности перетекания газовой смеси в зоны эвакуации людей, определения направления конвективного переноса тепла по строительным конструкциям, выявления

Математическая модель процесса горения автомобиля при въезде в автостоянку реализуется в нестационарном режиме. При этом параметры процесса горения и сопутствующие факторы, влияющие на скорость и температуру, находятся в прямой зависимости от первоначально заданных условий задачи.

Для правильной постановки задачи сформулированы основные пункты и соблюдаемые условия:

1. Конфигурация испытуемого автомобиля и его габаритно-весовые параметры, содержание полимерных материалов, обусловленное годом выпуска автомобиля.
2. Объемно планировочные решения рампы.
3. Отсутствие точки воспламенения, процесс теплопоступлений от горящего автомобиля рассматривается с полной поверхности автомобиля.

Исходные данные построения задачи:

1. Легковой автомобиль с закрытым кузовом, весом 2500 кг. Длина кузова 4400 мм, ширина кузова 1750 мм. Год выпуска автомобиля 1999 г.

2. Длина рампы 9200 мм, ширина 3200 мм. Площадь наклонной поверхности рампы составляет 29,4 м², высота рампы 3200 мм, объем 94,2 м³, Площадь помещения между рампой и автостоянкой 120 м².

3. Временной промежуток тепловыделений от горящего автомобиля 3600 секунд.

В расчетной задаче рассматривается модель изолированной рампы, когда пространство рампы ограничивается внутренними стенами и покрытием, составляющими контур наблюдаемого помещения.

Условием задачи, определяющим объемно-планировочное решение, является въездная часть с постоянным контактом наружного воздуха с одной стороны, а с другой стороны отсекающие от смежных помещений ворота и воздушно тепловая завеса, оборудованная датчиками автоматизации, при возгорании тепловая завеса отключена.

При моделировании учитывается перенос воздушных масс за счет разницы температур внутренней части автостоянки и наружного воздуха, также добавлен параметр перепада давления внутреннего и наружного воздуха.

Параметры протекания тепловыделения от горящего автомобиля заданы в табличном виде (таблица 1), соответствующему выделению единицы тепловой энергии в единицу времени.

Таблица 1

Таблица тепловыделений в секунду

Время, с	Q, кВт						
1	0	480	1950	1560	8440	2520	1000
2	0,1	540	2050	1560	8440	2580	1050
3	0,2	600	2110	1620	4800	2640	900

Время, с	Q , кВт						
4	0,3	660	2060	1680	3900	2760	700
5	0,4	720	2010	1740	3600	2820	600
6	0,5	780	1930	1800	3350	2880	1300
7	0,6	840	1870	1860	3000	2940	1350
8	0,7	900	1850	1920	2700	3000	500
9	0,8	960	1800	1980	2500	3060	300
10	0,9	1020	1820	2040	2300	3120	270
60	400	1080	1950	2100	2200	3180	270
120	1300	1140	3200	2160	2100	3240	220
180	1900	1200	3500	2220	1950	3300	210
240	1750	1260	4200	2280	1750	3360	200
300	1800	1320	5100	2340	1200	3480	180
360	1850	1380	5800	2400	1100	3540	170
420	1900	1440	6500	2460	1050	3600	160

Значения, указанные в табл. 1, выявлены интерполяцией из графической части результатов научно-экспериментальной опыта поджога автомобиля [4, 5].

В основе математического моделирования лежит принцип базовой системы дифференциальных уравнений, включая уравнения в частных производных, движение Навье-Стокса в осреднение Рейнольдса [6]. Для моделирования процессов и расчета использовался сертифицированный программный комплекс *STAR CCM+*.

Результаты расчета численным методом скорости и температуры в вертикальном сечении помещения представлены на рис. 1, поля температур в рабочей зоне на 1380 секунде расчета, на рис. 2 –

поля скоростей на 1380 секунде расчета, рис. 3 – поля температур в рабочей зоне на 3380 секунде расчета, рис. 4 – поля скоростей на 3380 секунде расчета.

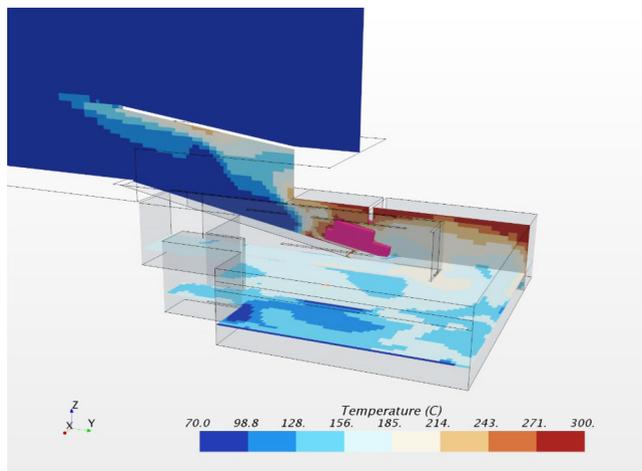


Рис. 1. Поля температур в рабочей зоне на 1380 секунде расчета

Из рис. 1 видно, что наиболее горячие газы распространяются над потолком в направлении смежных помещений, можно установить, что из-за разности перепада давлений внутреннего и наружного воздуха, а также объемно-планировочного решения перетекание дыма и продуктов горения в зоны эвакуации людей преваляют над перетеканием в наружную среду.

При анализе результатов полей скоростей на рис. 2, можно наблюдать противоположный исход, скорость газозвушной смеси с истечение в сторону наружного пространства больше, чем в смежные помещения. Этот процесс обусловлен статическим давлением газовой смеси внутри помещения и воздуха снаружи, изменения по высоте в соответствии с законом Паскаля. В стационарном режиме в верхней части давления больше, а в нижней части меньше атмосферного.

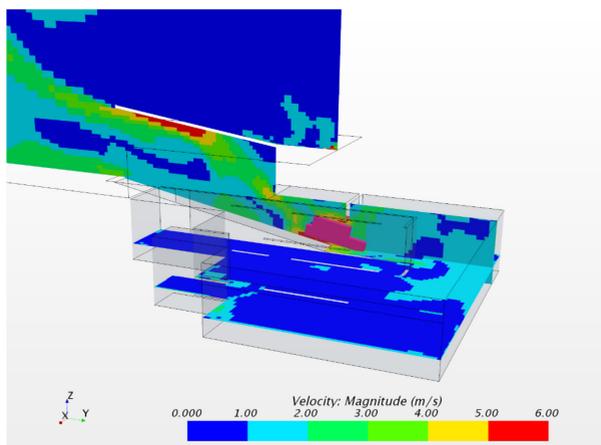


Рис. 2. Поля скоростей в рабочей зоне на 1380 секунде расчета

Существует определение плоскости равных давлений, на которой давление снаружи и внутри равны, расстояние от пола до этой плоскости считается безопасной зоной. Воздух, находящийся выше данной плоскости, вытекает из помещения, ниже поступает в помещение.

Возникновение очага горения в помещении увеличивает давление газов, среднеобъемная температура и, соответственно, плотность газовой среды изменяются незначительно, перепад давления по высоте помещения остается практически неизменным.

В результате этого давление газов внутри помещения возрастает, плоскость равного давления смещается параллельно, при горизонтальном расположении помещения плоскость опускается ниже отметки проема, и газоздушная смесь поступает в помещение, стараясь выйти через все неплотности и отверстия, но вследствие того, что рампа имеет уклон, плоскость равных давлений не полностью опускается ниже проема, создавая коридор для выхода газов, что приводит к увеличению скорости газоздушной смеси.

По мере развития процесса горения среднеобъемная температура повышается, плотность газовой среды уменьшается, эти изменения мы можем наблюдать при более поздних стадиях горения на рис. 3 видно уменьшение температур в помещении, а на рис. 4 уменьшение скоростей движений газовой смеси, это обусловлено тем, что концентрация кислорода в газовой среде уменьшается, и давление внутри помещения снижается, плоскость равного давления поднимается вверх. Через нижнюю часть рампы начинает поступать большее количество наружного воздуха, что приводит к выталкиванию нагретой газовой смеси, этот процесс можно наблюдать, анализируя рис. 3, 4.

Полученные показатели распределения газовой смеси и характер перетекания могут быть использованы для анализа перспективных мест размещения клапанов дымоудаления, выбора наилучших конструктивных решений при проектировании систем противодымной вентиляции в помещениях рампы.

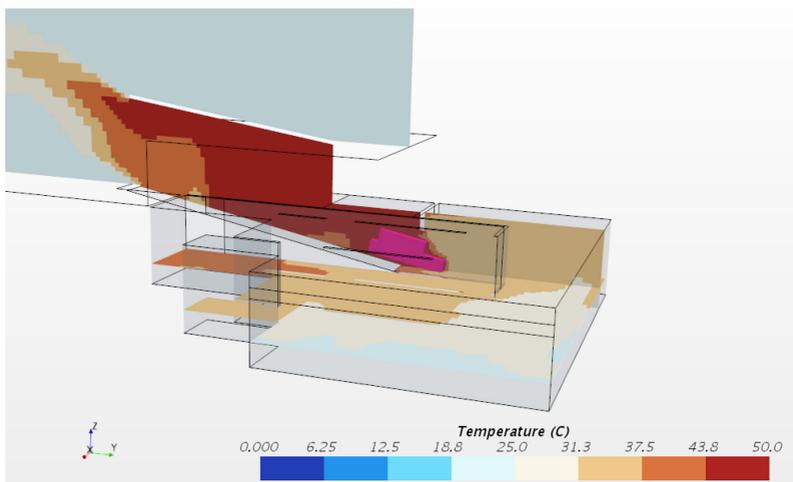


Рис. 4. Поля температур в рабочей зоне на 3380 секунде расчета

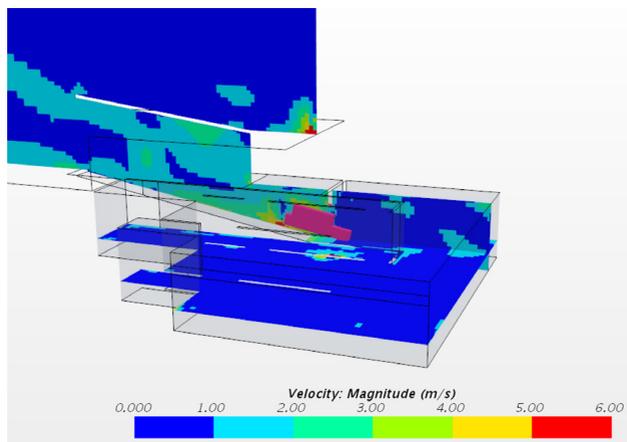


Рис. 5. Поля скоростей в рабочей зоне на 3380 секунде расчета

Как итог процесса моделирования предлагается наглядный пример, позволяющий оценить актуальность требований пожаро-безопасности к системам дымоудаления в изолированной рампе. Предполагается продолжить исследование вопроса с определением математической вероятности возникновения пожара при всех заданных условиях и рассчитать эффективность установки систем противодымной вентиляции в рампах автостоянок.

Литература

1. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (ред. от 27.12.2018г.). URL: https://exp.mos.ru/upload_local/iblock/cdb/cdb638cee705aa98bd3bffa05b33dac/123_fz_ot_22.07.2008.pdf (дата обращения: 04.03.2021).
2. СП 300.1325800.2017 Системы струйной вентиляции и дымоудаления подземных и крытых автостоянок. Правила проектирования (с изменениями 2019г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/555600218> (дата обращения: 04.03.2021).
3. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности (с изменениями 2019г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833> (дата обращения: 04.03.2021).

4. Xiao-hui Jiang, Guo-qing Zhu, Hui Zhu, Da-Yan Li «Full-scale Experimental Study of Fire Spread Behavior of Cars». Procedia Engineering. 2018. 211. P. 297–305.
5. TP-5044 Пожарная нагрузка обзор зарубежных источников. URL: <http://vniipo-help.ru/data/uploads/sitis/tr-5044-pozharnaya-nagruzka.pdf> (дата обращения: 04.03.2021).
6. Гримтлин А. М., Дацюк Т. А., Дентсихина Д. М. Математическое моделирование в проектировании систем вентиляции и кондиционирования. М.: Изд-во «АВОК Северо-Запад», 2013. 192 с.

УДК 697

Анастасия Сергеевна Литвинова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
Евгения Владимировна Федосова,
студент
(Санкт-Петербургский университет
промышленных технологий и дизайна,
высшая школа технологий
и энергетики)
E-mail: litvinovastacy@gmail.com,
vg69fed@mail.ru

Anastasia Sergeevna Litvinova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
Evgenia Vladimirovna Fedosova,
student
(Saint Petersburg State University
of Industrial Technologies and Design,
Higher School of Technology
and Energetics)
E-mail: litvinovastacy@gmail.com,
evg69fed@mail.ru

**ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ В СИСТЕМАХ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ (В ТОМ ЧИСЛЕ
СПОРТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ)**

**LEGISLATIVE BASIS FOR APPLICATION
OF RECUPERATION IN HEAT SUPPLY SYSTEMS
OF BUILDINGS (INCLUDING SPORTS PURPOSE)**

Для характеристики энергетического комплекса Санкт-Петербурга в статье представлена структура производства энергии и перечислены ее основные производители. Приведено основание для необходимости повышения эффективного использования энергоресурсов на уровне федерального законодательства. Выделены основные виды мероприятий по повышению энергоэффективно-

сти в сфере строительства зданий и сооружений. Указывается один из методов, а именно рекуперация, и проводится краткий анализ её воздействия на систему теплоснабжения в целом и на примере спортивного зала, расположенного в городе Санкт-Петербург. На основе анализа авторы предлагают внедрить данный способ с целью повышения эффективности энергосистемы города.

Ключевые слова: законодательство, рекуперация, вентиляция, теплоснабжение, энергоэффективность.

To characterize the energy complex of St. Petersburg, the article presents the structure of energy production and lists its main producers. The basis for the need to improve the efficient use of energy resources at the level of federal legislation is given. The main types of measures to improve energy efficiency in the construction of buildings and structures are highlighted. One of the methods is indicated, namely recuperation, and a brief analysis of its impact on the heat supply system as a whole and on the example of a sports hall located in the city of St. Petersburg is carried out. Based on the analysis, the authors propose to introduce this method in order to improve the efficiency of the city's energy system.

Keywords: legislation, recuperation, ventilation, heat supply, energy efficiency.

В современном мире существует острая проблема в рациональном использовании природных ресурсов. Наиболее актуальной стратегической задачей является повышение энергоэффективности, поскольку повышение эффективности использования энергетических ресурсов при постоянном повышении их цен позволяет добиться значительной экономии как энергоресурсов, так и финансовых ресурсов.

Системы теплоснабжения, находящиеся в эксплуатации, требуют огромных финансовых затрат на поддержание в работоспособном состоянии водогрейных котельных, проведение ремонтных работ многокилометровых тепловых сетей и внутридомовых систем отопления. В России производится практически половина всего тепла, производимого мировыми централизованными системами теплоснабжения [1].

Так, в Санкт-Петербурге преобладает централизованное теплоснабжение от крупных районных и промышленных котельных и источников с комбинированной выработкой тепловой и электри-

ческой энергии (ТЭЦ). В городе используется открытая система теплоснабжения, в которую входят:

- 12 ТЭЦ: 8 ТЭЦ ОАО «ТГК-1» (2 854 МВт, 12 015 Гкал/ч); 3 ведомственные ТЭЦ (80 МВт, 1 634 Гкал/ч); Северо-Западная ТЭЦ (900 МВт, 700 Гкал/ч).

- 609 котельных: 454 котельные ГУП «ТЭК СПб» (8682 Гкал/ч); 108 котельных ООО «Петербургтеплоэнерго» (557 Гкал/ч); 47 котельных ЗАО «Лентеплоснаб» (840 Гкал/ч).

Общая протяженность тепловых сетей составляет более 9000 км в однотрубном исчислении. Максимальный диаметр магистральных тепловых сетей на территории Санкт-Петербурга составляет 1400 мм [2].

Главным федеральным законом, регулирующим основные вопросы, возникающие в связи с производством, передачей, потреблением тепловой энергии и тепловой мощности является федеральный закон РФ от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении» [3]. Закон устанавливает основы тарифного регулирования и саморегулирования в сфере теплоснабжения. В законе предусмотрены отношения между теплоснабжающими организациями, теплосетевыми организациями и потребителями тепла. Кроме того, в законе изложены особенности регулирования договорных правоотношений между этими субъектами.

Основным правовым актом, регулирующим эффективное энергосбережение, является Федеральный закон от 23 ноября 2009 г № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [4]. Этот закон регулирует процессы, методы и меры по энергосбережению и контролирует реализацию мер по повышению энергоэффективности. В соответствии с этим законом создаются и развиваются принципы экономических, правовых и организационных основ эффективного энергосбережения.

Целью закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Основное внимание в указанных постановлениях направлено на разрешение вопросов ресурсо- и энергосбережения. Их реализация – первоочередная задача администраций субъектов Российской Федерации, научно-исследовательских институтов, проектных и строительных компаний. Они нацелены на снижение потребления энергии и тепла в строительстве, при эксплуатации и реконструкции зданий, внедрение в практику строительства энергосберегающих объектов строительства, инженерных сооружений, сетей и контрольно-измерительного оборудования, технологии изготовления современных материалов, изделий и конструкций.

Энергетическая стратегия России прогнозирует рост потребления первичных энергоресурсов в период 2000–2030 гг. за счёт энергосбережения. Проблем энергосбережения затрагивает все структуры федеральной собственности, которые финансируются из бюджета страны. Чтобы удешевить затраты на потребление тепла необходимо выполнить такие мероприятия, которые отвечают требованиям нормативных документов, обеспечивают экономический эффект, а также экономию потребляемых ресурсов.

Наиболее распространенными мероприятиями по повышению энергоэффективности являются:

- совершенствование архитектурно-строительных решений зданий и сооружений;
- использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- оптимизация систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений.

К последней группе относится рекуперация, про которую далее и пойдет речь.

Рекуперация – это повторное использование возвращенной энергии в одном и том же технологическом процессе, как правило в системах вентиляции. Рассмотрим положительное влияние данного процесса поэтапно – от частного к общему.

При использовании рекуперации в помещении снижается нагрузка на системы вентиляции, что существенно уменьшит коли-

чество требуемой теплоты, подаваемой горячей воде. Это, в свою очередь, дает возможность использовать меньшие диаметры трубопроводов и меньшие типоразмеры запорной и регулирующей арматуры в системах ОВ (отопления и вентиляции), в индивидуальном тепловом пункте (ИТП). Стоит уточнить, что большие изменения всё же происходят в узле присоединения системы вентиляции, т. е. в узле подключения калориферной установки.

Снижение тепловой нагрузки в системе вентиляции дает возможность немного снизить нагрузки теплопотребления в общем, что положительно скажется на производительности источника теплоснабжения. Данный фактор особенно заметен на малых (локальных) источниках тепла: крышных и квартальных котельных.

Кроме того, снижение тепловой нагрузки в системе вентиляции приведет к снижению расхода теплоносителя в трубопроводах узла подключения и узла обвязки рекуператора. Последнее позволит снизить затраты на водоподготовку теплоносителя.

Однако к минусам можно отнести необходимость установки теплообменника-рекуператора, для которого необходимы дополнительные первоначальные затраты.

Таким образом, использование рекуперации тепла позволит получить следующие преимущества:

- 1 Уменьшение габаритов трубопроводов и арматуры в узлах подключения калориферной установки;
2. Снижение затрат на транспортировку и подготовку теплоносителя в узлах подключения;
3. Снижение затрат на топливо, используемое в локальных источниках;
4. Снижение финансовых затрат на монтаж и эксплуатацию систем.

Срок окупаемости системы с рекуперацией – от 0,5 до 2 лет. Такой разброс связан с большой вариативностью самих установок, зависимостью от интенсивности использования систем вентиляции и региона размещения объекта.

Рассмотрим использование рекуперации на примере спортивного зала, расположенного в Санкт-Петербурге.

На объекте было предусмотрено 4 приточных установки для обеспечения вентиляции спортзала:

П1 – приточная система вентиляции административных помещений и малых залов для зрителей;

П2 – приточная система вентиляции спортивных залов и больших залов групповых тренировок;

П3 – приточная система вентиляции для раздевалок;

П4 – приточная система вентиляции для отдельной ВИП-зоны.

Суммарная нагрузка на системы вентиляции составила 264,806 кВт.

В табл. 1 приведены предполагаемые диаметры трубопроводов и арматуры и тепловые нагрузки системы вентиляции без использования рекуперации.

В табл. 2 приведены диаметры трубопроводов и арматуры, которые были использованы непосредственно в проекте и дальнейшем монтаже, и тепловые нагрузки системы вентиляции и с использованием рекуперации.

На основании данных из табл. 1 и 2 можно сделать вывод, что использование рекуперации в системах вентиляции позволило снизить тепловые нагрузки на 80 % и на несколько порядков уменьшить диаметры трубопроводов.

Подводя итог анализа возможности внедрения рекуперации в системы теплоснабжения зданий и сооружений, можно сделать вывод о перспективности её использования как современный подход к повышению энергоэффективности, что соответствует требованиям Федеральных Законов Российской Федерации. Однако необходимо учитывать, что для при использовании калориферной установки необходимы будут дополнительные затраты в момент закупки и установки, которые в дальнейшем весьма быстро окупятся.

Таблица 1

Нагрузки системы вентиляции без рекуперации

Система	Расход воздуха L , м ³ /ч	Температура нагрева воздуха, °С		Требуемое количество тепла на нагрев теплоносителя, Вт	Расход теплоносителя (90/70 °С), т/ч	Диаметр трубопроводов и арматуры (при $w = 0,4 \div 0,8$ м/с), мм
		Начальная	Конечная			
П1	4000	-24	20	58 960	2,54	40
П2	10 485	-24	20	154 549	6,65	65
П3	2095	-24	25	34 389	1,48	32
П4	1030	-24	25	16 907	0,73	25
Итого				264 806	11,4	80

Таблица 2

Нагрузки системы вентиляции с рекуперацией

Система	Расход воздуха L , м ³ /ч	Температура нагрева воздуха, °С		Требуемое количество тепла на нагрев теплоносителя, Вт	Расход теплоносителя (90/70 °С), т/ч	Диаметр трубопроводов и арматуры (при $w = 0,4 \div 0,8$ м/с), мм
		Начальная	Конечная			
П1 рек	4000	-24	17	54 940	–	
П1 вод	4000	17	20	4020	0,17	15
П2 рек	10 485	-24	10	119 424	–	
П2 вод	10 485	10	20	35 125	1,51	25
П3 рек	2095	-24	12	25 266	–	
П3 вод	2095	12	25	9124	0,39	15
П4 рек	1030	-24	12	12 422	–	
П4 вод	1030	12	25	4486	0,19	15
Итого рек				212 052	–	
Итого вод				52 754	2,27	32

Литературы

1. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения Часть II. Потенциал и мероприятия энергосбережения в системах теплоснабжения. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4569 (дата обращения: 05.03.2021).
2. Схема теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 года (актуализация на 2019 г.). Книга 14. Утверждаемая часть схемы теплоснабжения. Том 1. URL: <https://inlnk.ru/qdGZM> (дата обращения: 07.03.2021).
3. ФЗ РФ от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении» (с изменениями на 8 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102975/ (дата обращения: 05.03.2021).
4. ФЗ от 23 ноября 2009 г № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 05.03.2021).

УДК. 697.34

Люция Аликовна Львова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: lvova.lyutsiya@mail.ru

Lyutsiya Alikovna Lvova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: lvova.lyutsiya@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF THE HEAT SUPPLY SYSTEM IN THE FAR NORTH

Представлены результаты анализа теплотребления в Республике Саха (Якутия). Рассмотрено состояние систем теплоснабжения. Проведено сопоставление теплотехнических характеристик теплоизоляционных материалов для климатических условий Крайнего Севера. Разработана геометрическая модель трубопровода системы теплоснабжения. По результатам выполненного численного моделирования процесса теплообмена выявлен наиболее рациональный способ теплоизоляции. В настоящее время в Республике Саха (Якутия) идет

активная централизация теплоснабжения удаленных (северных) населенных пунктов. В условиях вечномерзлых грунтов одной из самых важных задач является повышение надежности систем теплоснабжения.

Ключевые слова: система теплоснабжения, энергоэффективность, Крайний Север, теплоизоляционные материалы, теплоноситель, потери теплоты.

The results of the analysis of heat consumption in the Republic of Sakha (Yakutia) are presented. The state of heat supply systems is considered. A comparison of the thermal characteristics of heat-insulating materials for the climatic conditions of the Far North is carried out. A geometric model of the heat supply system pipeline has been developed. Based on the results of the performed numerical simulation of the heat transfer process, the most rational method of thermal insulation has been identified. Currently, the Republic of Sakha (Yakutia) is actively centralizing heat supply to remote (northern) settlements. In permafrost conditions, one of the most important tasks is to improve the reliability of heat supply systems.

Keywords: heat supply system, energy efficiency, far north, heat-insulating materials, heat carrier, reduction of heat losses.

Резко континентальные климатические условия, удаленность населенных пунктов, сложные схемы транспортировки тепловой энергии часто накладывают ограничения на экономическое развитие Республики Саха (Якутия) и, в частности, на энергоснабжение. Для этого необходим точный анализ путей развития энергоснабжения для обеспечения надежной работы энергосистем региона [1].

Реализация энергосберегающей стратегии может оказать широкое и многогранное положительное влияние на развитие экономики республики, в том числе на совершенствование производственных, транспортных и коммунально-бытовых технологий, на рост внутреннего валового продукта, а в конечном итоге на повышение уровня жизни якутян [2].

Как показывает практика, существующие системы теплоснабжения имеют огромные теплопотери в силу их длительной эксплуатации, значительного износа, а также аварийных ситуаций (рис. 1). В результате анализа аварийных остановок котельных было выявлено, что наибольшее количество перебоев в подаче тепла происходит с ноября по февраль, то есть в период самых низких температур наружного воздуха.

В целях энергосбережения, а также исключения и предупреждения аварийных остановок тепловых систем должны быть рассмотрены ряд мероприятий [3]. Рассмотрим одно из них – это правильный подбор типа теплоизоляционных конструкций.



Рис. 1. Состояние трубопроводов в с. Терют Оймяконского улуса

Важнейшим фактором при выборе теплоизоляционных материалов является коэффициент теплопроводности. Чем ниже этот критерий, тем с меньшей интенсивностью утеплитель обменивается теплом с наружным воздухом.

В силу того, что прокладка системы центрального теплоснабжения приходилась на первую половину 70-х годов прошлого столетия, когда начиналось резкое строительство, нынешнее состояние теплоизоляции не отвечает сегодняшним требованиям. На сегодняшний день из распространенных утеплителей лидером в плане эффективности является пенополиуретан (ППУ), в отличие от времен прошлого века, когда имела популярность минеральная вата.

Совершенно ясно, что минвата имеет достойные эксплуатационные характеристики и стоит недорого. Но в то же время у нее имеется ряд недостатков. В частности, при выполнении теплоизоляционных работ возникает значительная запыленность, при которой чрезвычайно опасно работать. В связи с чем работы необходимо проводить в средствах индивидуальной защиты, такие как спецодежда, респиратор и очки. А также во время проведения монтажных работ выделяются пары фенолформальдегидных смол, кото-

рая опасно сказывается на здоровье человека. На данный момент рейтинг лучших фирм среди производителей минеральной ваты являются: «KNAUF», «БЕЛТЕП», «ISOVER», «PAROC», «IZOVOL» и «ROCKWOOL».

Пенополиуретан (ППУ) – перспективный теплоизоляционный материал, который может использоваться как при подземном, так и при надземном способе прокладки. Основные преимущества ППУ связаны с возможностью применения в широком диапазоне температур благодаря уникальным теплотехническим свойствам. В среднем потери теплоты при эксплуатации трубопровода снижаются на 40–60 %. Также немаловажным фактором, который говорит в пользу выбора пенополиуретана, является низкая трудоемкость при монтаже [4]. Выпускаются сегменты модульной изоляции и с различными защитными оболочками, например, стеклопластика, оцинкованной стали, алюминиевой фольги и др. Отдельного внимания заслуживают показатели устойчивости к воздействию влаги. Также стоит отметить и длительный срок службы.

Проведём сравнительную характеристику самых распространенных видов теплоизоляционных материалов, таких как минеральная вата, пенополиуретан (ППУ) и пенополиэтилен (ППЭ) для условий с. Терют Оймяконского улуса Республика Саха (Якутия).

Выполнен расчет толщины различных изоляционных материалов, который представлен в виде табл. 1, 2 и 3.

Исходя из этого анализа, если сравнивать вышеперечисленные материалы, то очевидно совершенство преимуществ пенополиуретана. Как можно заметить, данный утеплитель превосходит своих аналогов по всем показателям. Поэтому именно его применение сведет потери в тепловых сетях к минимуму.

Но в связи с суровыми климатическими условиями и удаленностью населенных пунктов, а вследствие невыгодности поставки материалов, рациональней использовать технологию предварительно изолированных труб – труб в пенополиуретановой изоляции в оцинкованной оболочке. Расчетные значения толщины теплоизоляции приведены в таблице 4 [5].

Таблица 1

Расчетная толщина подающего трубопровода, м

Теплоизоляционный материал	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С)	Диаметры трубопроводов, мм					
		57	76	89	108	159	219
Минеральная вата	0,053	0,070	0,075	0,081	0,085	0,092	0,099
ППУ	0,037	0,039	0,043	0,047	0,050	0,056	0,062
ППЭ	0,043	0,050	0,054	0,059	0,063	0,069	0,076

Таблица 2

Расчетная толщина обратного трубопровода, м

Теплоизоляционный материал	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С)	Диаметры трубопроводов, мм					
		57	76	89	108	159	219
Минеральная вата	0,051	0,076	0,079	0,087	0,090	0,098	0,104
ППУ	0,035	0,042	0,045	0,050	0,053	0,059	0,064
ППЭ	0,041	0,054	0,057	0,063	0,066	0,073	0,079

Таблица 3

Сравнение характеристик теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционный материал	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Срок службы, лет	Рабочая температура, °С
Минеральная вата	55–150	0,052–0,058	5	–40...+120
ППУ	35–150	0,027–0,037	20	–180...+150
ППЭ	40–150	0,04–0,06	15	–70...+70

**Расчетные значения толщины теплоизоляции ППУ
для Восточной Сибири**

Наружный диаметр труб, мм	Расчетные значения толщины теплоизоляции ППУ/наружный диаметр оболочек, мм
57	38,5/140
76	39/160
89	42,5/180
108	43/200
159	55,5/280
219	62/355

Для подробного анализа процессов теплообмена с использованием ППУ изоляции выполнено численное моделирование для участка теплотрассы.

На первом этапе с помощью программы SolidWorks была создана 3D- модель трубопровода, проложенного надземно, т. е. находящегося условно в воздухе. Модель трубопровода представлена на рис. 2. Слои: теплоноситель (вода), стальная труба диаметром 108 мм, изоляция ППУ толщиной 43 мм и объем воздуха $2 \times 2 \times 20$ м.

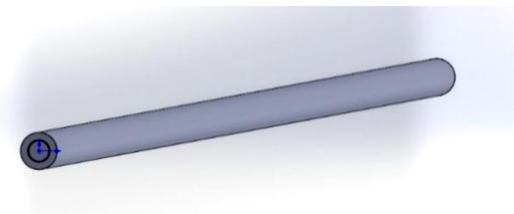


Рис. 2. 3D-модель трубопровода

В качестве исходных данных приняты температура наружно-го воздуха в течение года, через каждые 12 часов (день и ночь).

Данные, приведенные в табл. 5, сокращены до одного месяца. Годовой график температур приведен на рис. 3. Также в качестве исходных данных для расчета была задана температура поступающей среды 95 °С.

После задания общих физических свойств, проведения настройки модели и установки начальных и граничных условий был выполнен расчет задачи. В процессе расчета получено распределение температур в поперечном сечении трубопровода (рис. 4).

Таблица 5

Температура наружного воздуха за январь 2019 года

Дата	$t_{н}^{\circ\text{C}}$ (днём)	$t_{н}^{\circ\text{C}}$ (ночью)	Дата	$t_{н}^{\circ\text{C}}$ (днём)	$t_{н}^{\circ\text{C}}$ (ночью)
01.01.2019	-40	-39	17.01.2019	-52	-54
02.01.2019	-37	-42	18.01.2019	-53	-54
03.01.2019	-45	-40	19.01.2019	-52	-53
04.01.2019	-44	-47	20.01.2019	-50	-46
05.01.2019	-47	-50	21.01.2019	-41	-42
06.01.2019	-51	-52	22.01.2019	-38	-35
07.01.2019	-48	-50	23.01.2019	-32	-31
08.01.2019	-41	-40	24.01.2019	-29	-28
09.01.2019	-38	-40	25.01.2019	-29	-33
10.01.2019	-37	-37	26.01.2019	-36	-39
11.01.2019	-41	-46	27.01.2019	-37	-39
12.01.2019	-44	-45	28.01.2019	-44	-49
13.01.2019	-45	-51	29.01.2019	-49	-51
14.01.2019	-52	-55	30.01.2019	-49	-51
15.01.2019	-53	-53	31.01.2019	-48	-51
16.01.2019	-51	-52			

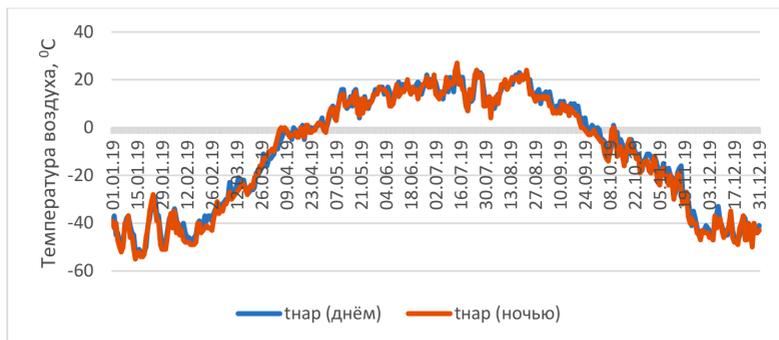


Рис. 3. Годовой график температур

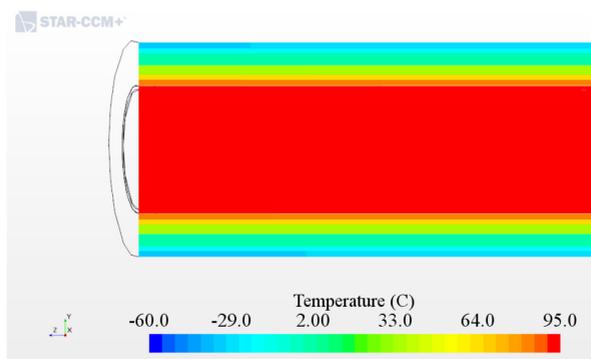


Рис. 4. Поля распределения температур

Заключение

Теоретический анализ теплоизоляционных материалов для трубопроводов систем теплоснабжения показывает преимущества применения пенополиуретановой изоляции. Результаты численного эксперимента, проведенного для реальных климатических условий Крайнего Севера, доказывают эффективность использования данного вида тепловой изоляции при максимально низких температурах наружного воздуха.

Литература

1. Стенников В. А. и др. Проблемы и направления развития теплоснабжения Республики Саха (Якутия) в среднесрочной перспективе // Энергетическая политика. 2018. № 1. С. 64–74.
2. Об утверждении Программы технической модернизации объектов теплоснабжения Республики Саха (Якутия) и предоставлении гарантий Правительством Республики Саха (Якутия) по кредиту Европейского банка реконструкции и развития : Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 20 марта 2006 г. № 98. URL: <http://docs.cntd.ru/document/473509663> (дата обращения: 04.03.2021).
3. Прохоров В. А. и др. Проблема обеспечения безопасности системы теплоснабжения населенных пунктов Якутии // Безопасность в техносфере. 2009. № 3. С. 56–59.
4. Костенко Р. В., Воробьев Г. Ю., Горелов Н. С. Выбор теплоизоляционного материала или теплоизоляционной технологии с целью энергосбережения в тепловых сетях // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. 2015 № 1. С. 135–139.
5. ГОСТ 30732-2006 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой. Технические условия. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/50/50518/> (дата обращения: 04.03.2021).

УДК: 697

Арина Евгеньевна Микляева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: arina.miklyaeva@yandex.ru

Arina Evgenyevna Miklyaeva, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: arina.miklyaeva@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХООБМЕНА В КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛЕ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

RESEARCH OF THE ORGANIZATION OF AIR EXCHANGE IN A CONFERENCE HALL IN THE SUMMER PERIOD

Вентиляция играет важную роль в поддержании качества воздушной среды на том уровне, на котором человек чувствует себя в помещении комфортно. Важной частью в обеспечении параметров воздуха является способ организации воздухообмена. В статье исследуются различные схемы организации воздухообмена в теплый период года на примере конференц-зала на 100 человек в городе Астрахани. Выполнен анализ перемешивающей и вытесняющей систем вентиляции.

Ключевые слова: вентиляция, воздухообмен, конференц-зал, вытесняющая вентиляция, перемешивающая вентиляция.

Ventilation plays an important role in maintaining the quality of air environment at the level at which a person feels comfortable in the room. An important part in ensuring high-quality air parameters is the way the air exchange is organized. This article examines various schemes of organization of air exchange on the example of a conference hall for 100 people in the city of Astrakhan in the summer. Namely, the analysis of mixing and displacing ventilation systems is carried out.

Keywords: Ventilation system, air exchange, conference room, preemptive, mixing machine

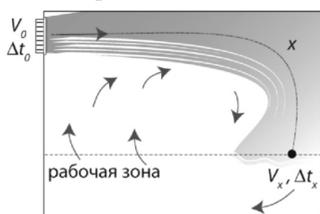
Качество воздуха в помещениях общественных зданий обеспечивается необходимой величиной воздухообмена в помещениях, зависящей от эффективности распределения и использования приточного воздуха, т.е. от организации воздухообмена [1, 2].

Вентиляция по принципу организации воздухообмена делится на два основных вида [3]: перемешивающая и вытесняющая (рис. 1).

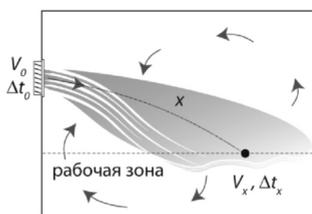
При перемешивающей вентиляции применяются воздухораспределители, формирующие турбулентные струи и обеспечивающие перемешивание приточного воздуха с воздухом помещения. В результате перемешивания обеспечивается равномерное распределение температуры и загрязнения в обслуживаемой зоне.

При вытесняющей вентиляции применяются воздухораспределители, формирующие низкоскоростные ламинарные потоки в направлении обслуживаемой зоны, не смешивающиеся с воздухом помещения. Вытесняющая вентиляция применяется только при необходимости ассимиляции избытков теплоты в помещениях и предполагает подачу приточного охлажденного воздуха на уровне пола и удаление загрязненного воздуха на уровне потолка (рис. 2).

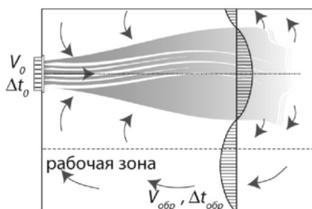
а) для перемешивающей вентиляции



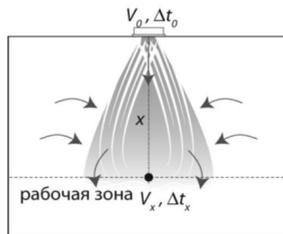
Сверху вниз настилающимися на поверхность компактными и плоскими струями



Сверху вниз наклонными компактными, коническими сходящимися и плоскими струями



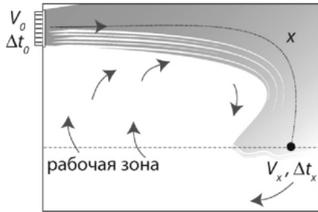
Выше рабочей зоны горизонтальными стесненными компактными и плоскими струями при формировании обратного потока



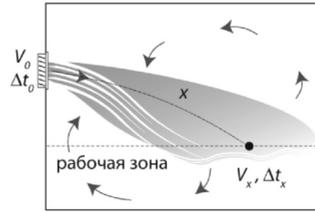
Сверху вниз компактными и коническими сходящимися струями

Рис. 1, начало. Основные схемы подачи приточного воздуха

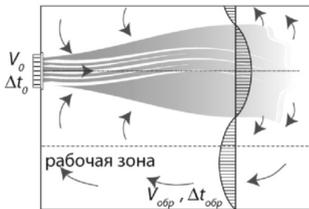
а) для перемешивающей вентиляции



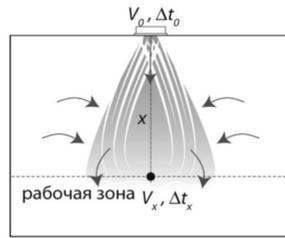
Сверху вниз настилающимися на поверхность компактными и плоскими струями



Сверху вниз наклонными компактными, коническими сходящимися и плоскими струями

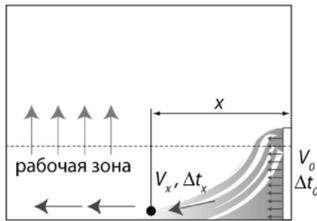


Выше рабочей зоны горизонтальными стесненными компактными и плоскими струями при формировании обратного потока

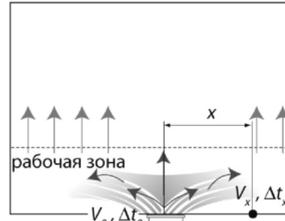


Сверху вниз компактными и коническими сходящимися струями

б) для смешительной вентиляции



Горизонтально в рабочую зону низкоскоростным потоком



Вертикально снизу вверх низкоскоростным потоком

Рис. 1, окончание

Показатели использования приточного воздуха при перемешивающей вентиляции всегда меньше, чем при вытесняющей вентиляции.

В статье поставлена задача сравнения воздухообменов при перемешивающей и вытесняющей вентиляции в теплый период года

в помещениях общественных зданий. В качестве примера выполнен расчет для конференц-зала в городе Астрахани. Вместимость зала – 100 человек; внутренний объем – 2728 м³; высота помещения – 4,2 м; высота обслуживаемой зоны – 1,5 м.

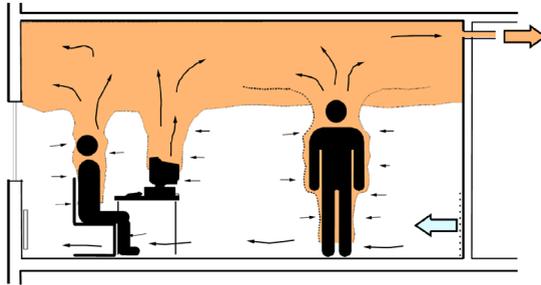


Рис. 2. Вытесняющая вентиляция

Конференц-зал – помещение, предназначенное для проведения конференций, выступлений, совещаний, характеризующееся присутствием большого количества людей, находящихся в спокойном состоянии, и требующее высокого качества воздуха для лучшего восприятия информации слушателями.

Воздухообмен рассчитывается исходя из условий ассимиляции тепло- и влагоизбытков в помещении. Источниками теплоступлений являются люди, оборудование, искусственное освещение, солнечная радиация (сквозь окна). Источники влаговыделений - люди.

Параметры внутреннего воздуха в конференц-зале в теплый период года приняты по [4]:

- температура
- относительная влажность
- скорость движения воздуха
- $t_{в} = 23-25 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- $\phi_{в} = 30-60 \text{ } \%$;
- не более 0,25 м/с.

Параметры наружного воздуха приняты в соответствии с [1, 5]:

- температура
- удельная энтальпия
- относительная влажность
- $t_{н} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- $I_{н} = 63 \text{ кДж/кг с.в.}$;
- $\phi_{н} = 40 \text{ } \%$.

Результаты расчета выделяющихся вредностей и воздухообмена:

- явные тепловыделения – 13 618 Вт (от людей – 6660 Вт; солнечная радиация через остекление – 3565 Вт; от искусственного освещения – 3093 Вт; от оборудования – 300 Вт);

- полные тепловыделения – 16 670 Вт (в том числе от людей – 9713 Вт);

- влаговыделения – 4 кг/ч.

Расчетный воздухообмен на ассимиляцию тепло- и влагоизбытков:

- для перемешивающей схемы ● 7907 м³/ч;

- для вытесняющей схемы ● 5535 м³/ч.

В вытесняющей схеме организации воздухообмена существует два условия расчета воздухообмена для обеспечения качества воздуха [6]:

- первое условие – расход приточного воздуха равен сумме расходов в конвективных потоках на высоте стратификации (необходимо обеспечить, чтобы никакие загрязнения, перемещенные конвективными потоками вверх, не опускались бы вновь в обслуживаемую зону);

- второе условие – обеспечение отвода избытков теплоты из обслуживаемой зоны и теплового комфорта (учитывается требуемая температура в обслуживаемой зоне и максимальный вертикальный температурный градиент в помещении).

Заключение

Вытесняющая система вентиляции по сравнению с перемешивающей обеспечивает качество воздуха и тепловой комфорт при меньшем на 30% расходе приточного воздуха.

Литература

1. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением № 1). URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/456054205> (дата обращения: 04.03.2021).

2. Скитал Х., Мундт Э., Нильсен П., Хагстрем К., Райлио Й. Вытесняющая вентиляция в непроизводственных зданиях (перевод с английского). М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 100 с.

3. ГОСТ 32548-2013. Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2011.
5. СП 131.13330.2018. СНиП 23-01-99* Строительная климатология. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/554402860> (дата обращения: 04.03.2021).
6. Сборник АВОК. Примеры расчетов вентиляции и воздухообмена в помещениях жилых и общественных зданий. М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2020.

УДК 628.87

Никита Андреевич Петров,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: petrovv.na98@gmail.com

Nikita Andreevich Petrov,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: petrovv.na98@gmail.com

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОГО МИКРОКЛИМАТА ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

ANALYSIS OF OPTIONS FOR CREATING A COMFORTABLE MICROCLIMATE OF A SWIMMING POOL

Данная статья посвящена выбору вариантов воздухораспределения, а также анализу вентиляционных систем, используемых в помещениях плавательных бассейнов. Хотя и существуют рекомендации для проектирования инженерных систем объектов такого типа, в каждом конкретном случае инженерные решения будут отличаться. Перед проектировщиком стоят задачи: как осушить воздухообмен, какую выбрать схему воздухораспределения, какими пользоваться системами кондиционирования или вентиляции. И окончательное решение будет зависеть от множества факторов. В статье представлены различные варианты вентиляции и осушения воздуха в плавательном бассейне, произведено сравнение этих систем. Также рассмотрены проблемы, возникающие при проектировании вентиляции в бассейне.

Ключевые слова: вентиляция, бассейн, воздухораспределение, влажность, осушитель, зеркало воды.

This article is devoted to the selection of air distribution options, as well as the analysis of ventilation systems used in swimming pool rooms. Although there are recommendations for designing engineering systems for this type of object, the engineering solutions will differ in each specific case. The designer is faced with the task: how to perform air exchange, which air distribution scheme to choose, which air conditioning or ventilation systems to use. And the final decision will depend on many factors. The article presents various options for ventilation and dehumidification in a swimming pool, and compares these systems. The problems that arise in the design of ventilation in the pool are also considered.

Keywords: ventilation, swimming pool, air distribution, humidity, dehumidifier, water mirror.

Согласно рекомендациям «АВОК» бассейны можно разделить на несколько типов: спортивный, рекреационный, лечебный, джакузи и бассейны в бане [1]. Для каждого типа принимаются различные параметры микроклимата. Комфортная среда в плавательном бассейне играет очень важную роль, поэтому правильные инженерные решения – это залог безопасного пребывания людей в помещении и длительной эксплуатации строительных конструкций.

Помещения с бассейнами характеризуются избыточным поступлением влаги, которую необходимо удалять, чтобы обеспечить комфортные условия пребывания людей. Также большой проблемой является выпадение конденсата на поверхностях, которые имеют температуру ниже температуры точки росы окружающего воздуха. Исходя из этого, наиболее распространенным и оптимальным вариантом является вариант воздухораспределения, при котором приточные отверстия находятся на уровне пола вдоль ограждающих конструкций, где возможно выпадение конденсата. Теплый сухой воздух при таком варианте подается снизу–вверх, достигает потолка и далее омывает конструкции помещения. Обратные потоки могут достигать рабочей зоны бассейна, их скорость не должна быть более 0,15 м/с, температура в рабочей зоне должна быть на 1÷2 °С выше температуры воды, но не более 35 °С. Подача воздуха сверху-вниз имеет недостатки и обычно не

используется. В помещениях плавательных бассейнов часто высокие потолки, и струя из потолочных диффузоров просто не будет достигать рабочей зоны [1].

При наличии в помещении трибуны прохладный воздух для зрителей подают из-под сидений при помощи воздухораспределителей с низкой скоростью струи или при помощи потолочных диффузоров перед зрительской трибуной. Вытяжка воздуха производится сзади зрительских трибун. Таким образом, для зрителей создается наиболее комфортная среда [1].

Если кроме помещения с ванной бассейна, в здании имеются еще какие-либо смежные помещения, то требуется создавать дисбаланс по отношению к этим помещениям в размере 10÷15 %, чтобы неприятные запахи, влага, сквозняки не попадали из помещения с бассейном [1].

Удаление воздуха должно производиться из верхней зоны помещения так, чтобы забирать максимальное количество испаряющейся влаги. Для этого вытяжное отверстие располагают в самой высокой точке по центру над зеркалом бассейна. Эффективнее использовать одно отверстие, чтобы позволить приточному воздуху свободно перемещаться по объему помещения [2].

Рассмотрим различные комбинации оборудования для вентиляции данных помещений:

1. Приточная и вытяжная установки и автономный осушитель воздуха.

Вариант, который может использоваться в помещениях с малым зеркалом воды бассейна – в банях, саунах (рис. 1). Крайне простой и не дорогой. Воздух обрабатывается отдельными настенными осушителями. Недостатками являются сильный шум, ухудшение дизайна помещения, плохая организация распределения воздуха, высокое энергопотребление.

2. Канальный осушитель воздуха с подмесом наружного воздуха.

Здесь автономный осушитель уже не используется. Вместо него устанавливается канальный осушитель с калорифером и камерой смешения. Управляется пультом, а от шума установки мож-

но избавиться, установив осушитель не в помещении с бассейном. Вариант уже можно использовать в небольших бассейнах, по стоимости он примерно такой же, но потребление электроэнергии по-прежнему остается высоким (рис. 2).

3. Приточно-вытяжная установка с тепловым насосом.

Данный вариант характерен тем, что испаритель осушителя располагается в приточном канале, а конденсатор в вытяжном. Благодаря этому, осушитель может работать как тепловой насос, экономя при этом энергию (рис. 3). Преимущество также заключается в том, что данную систему можно использовать для охлаждения приточного воздуха.

4. Приточно-вытяжная установка с рекуператором.

Наличие рекуператора дает дополнительную экономию энергии. Стоит отметить, что комплектация такой установки будет зависеть от региона, в котором она будет эксплуатироваться (рис. 4). Если установка будет эксплуатироваться в регионах с холодным климатом, то летом влага может быть ассимилирована, и от осушителя можно отказаться. В регионах с жарким климатом необходимо дополнительно устанавливать холодильную машину. Особенностью данных систем является большие габаритные размеры. Системы такого типа являются дорогими, но в то же время энергоэффективными и подходят для бассейнов любого размера [3–4].

Литература

1. Р НП «АВОК» 7.5-2012 Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования. URL: https://engevis.ru/wp-content/uploads/2016/01/avok_bass.pdf (дата обращения: 09.03.2021).
2. Ушанов Э. А. Организация эффективного воздухораспределения в плавательном бассейне // СОК. 2017. № 2(182). С. 70–72.
3. Варианты технических решений для вентиляции бассейна. URL: https://www.rfclimat.ru/html/indoor_pool_ventilation.htm (дата обращения: 09.03.2021).
4. Выбор вентиляционной установки для помещения бассейна. URL: <http://www.breezart.ru/pool/vent/> (дата обращения: 09.03.2021).

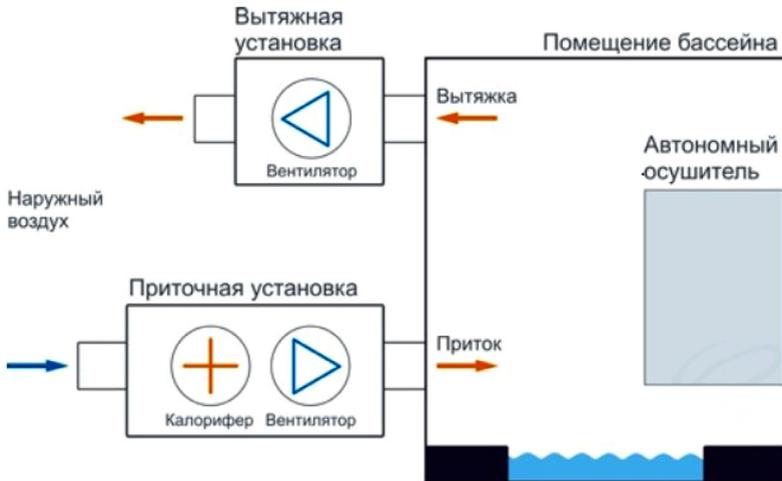


Рис. 1. Схема установки № 1 [3]

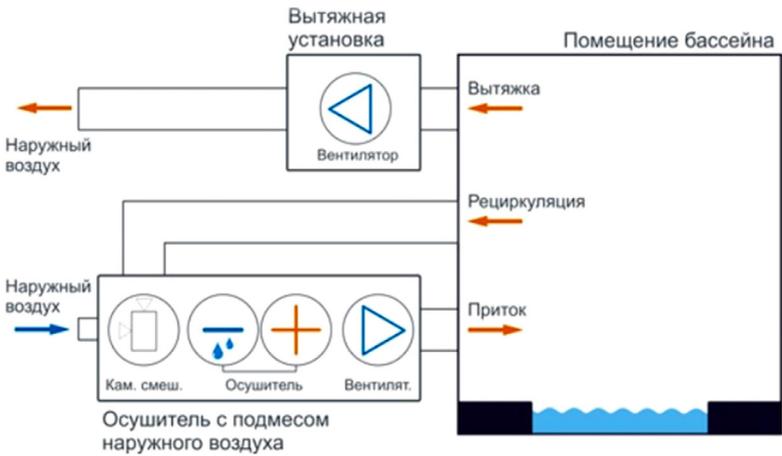


Рис. 2. Схема установки № 2 [3]

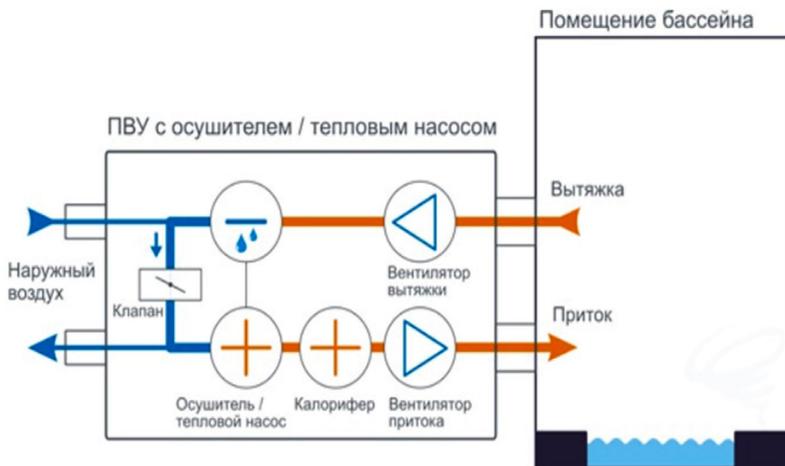


Рис. 3. Схема установки № 3 [3]

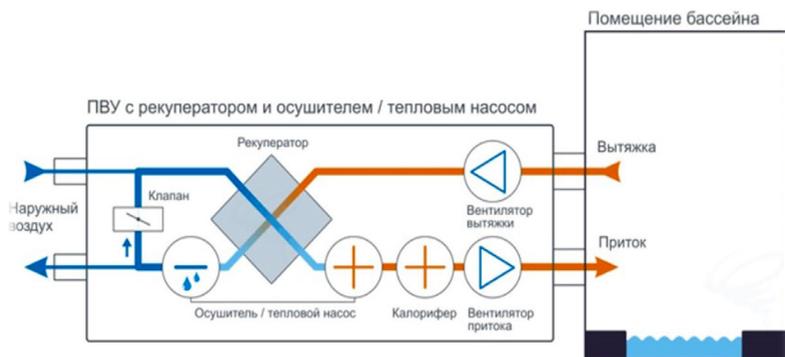


Рис. 4. Схема установки № 4 [3]

УДК 697.921.45

Владислав Юрьевич Попов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: vlad-popov24@yandex.ru

Vladislav Yurievich Popov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: vlad-popov24@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА, ПОСТУПАЮЩЕГО В ПОМЕЩЕНИЕ ОТ ЛОКАЛЬНОГО РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

AIRFLOW SIMULATION, INCOMING THE ROOM FROM LOCAL RECIRCULATING AIR DISTRIBUTOR

В статье исследована работа локального рециркуляционного воздухораспределителя в системе приточной вентиляции помещения. Построена точная твердотельная модель устройства. Получена численная модель течения воздушных потоков внутри воздухораспределителя и в помещении. Инструментом численного исследования являлся вычислительный комплекс *STAR-CCM+*. Получены поля температур и скорости воздушного потока. Показано, что данная конструкция воздухораспределителя позволяет эффективно смешивать холодный наружный воздух с нагретым рециркуляционным в верхней зоне помещения и не позволяет холодному потоку пробиться в обслуживаемую зону. Это экономит потребление энергии на подогрев приточного воздуха.

Ключевые слова: системы вентиляции, рециркуляция, локальные рециркуляционные воздухораспределители, качество внутреннего воздуха, энергосбережение в вентиляционных системах.

The article investigates the operation of a local recirculating air distributor in the supply ventilation system of a room. An accurate solid model of the device has been built. A numerical model of the flow of air flows inside the air distributor and in the room is obtained. The tool for the numerical study was the *STAR-CCM+* computing complex. The fields of temperatures and air flow rates are obtained. It is shown that this design of the air distributor allows efficient mixing of cold outside air with heated recirculation air in the upper zone of the room and does not allow the cold flow to break through into the serviced area. This saves energy consumption for heating the supply air.

Keywords: ventilation systems, recirculation, local recirculation air distributors, indoor air quality, energy saving in ventilation systems.

При проектировании традиционных инженерных систем для поддержания заданных параметров микроклимата требуется потребление как тепла, так и холода. Смешение холодного наружного воздуха с нагретым рециркуляционным осуществляется в объеме самого помещения, что накладывает особые требования к выпускным отверстиям воздухораспределителя. Применение в системах вентиляции локальных рециркуляционных воздухораспределителей позволяет сократить потребление энергии. Технической задачей данного устройства является формирование приточной струи, настилающейся на потолок, с оптимальными параметрами и равномерным распределением температуры по ее сечению.

Геометрия модели локального рециркуляционного воздухораспределителя (рис. 1) была построена в программном комплексе Solidworks на основе патента [1].

Холодный наружный воздух от приточной установки подается в патрубок 1 и через диффузор 2 попадает в помещение (рис. 1). Диффузор 2 формирует настилающуюся на потолок струю. С помощью патрубка 3 рециркуляционный воздух направляется в камеру статического давления 4 и после ее прохождения попадает в помещение через турбулизирующие ячейки 5, расположенные на лицевой панели 6. Турбулизирующие ячейки 5 формируют настилающуюся на потолок струю рециркуляционного воздуха, которая смешивается с наружным, поступающим из диффузора 2, образуя приточный воздух.

Поворотные пластиковые турбулизирующие ячейки (рис. 2) могут индивидуально вручную поворачиваться в плоскости панели на 360 градусов. Благодаря этому возможно добиться на одном изделии различных схем подачи воздуха. Поворот ячеек не влияет на уровень генерируемого шума и не изменяет потери полного давления. Турбулизирующие ячейки имеют геометрически сложную форму, что позволяет увеличить эжектирующие способности приточного воздуха.

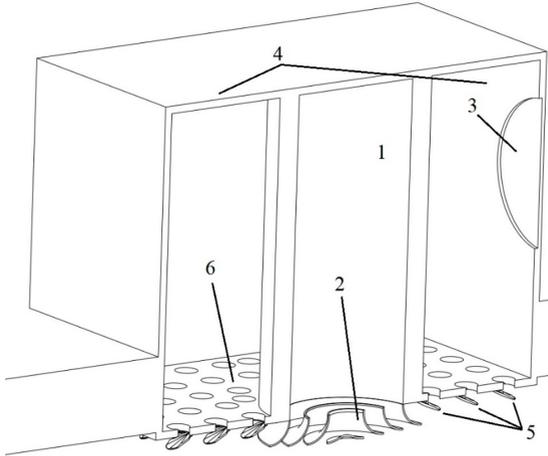


Рис. 1. Разрез локального рециркуляционного воздухораспределителя

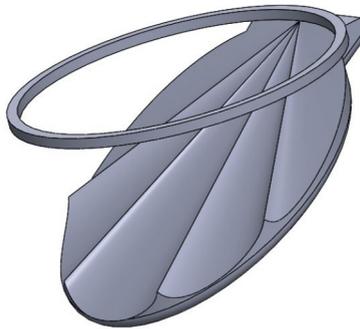


Рис. 2. Модель турбулизирующей ячейки

Моделирование воздушного потока в помещении осуществлялось с помощью методов численного решения исходной системы дифференциальных трехмерных уравнений Навье-Стокса в программном комплексе *STAR-CCM+*. Этот программный комплекс хорошо зарекомендовал себя для выбора варианта систем венти-

ляции на стадии проектирования [2], оценки возможности использования воздухораспределителей [3].

Объектом исследования является офисное помещение площадью 35,28 м² и высотой 3,2 м. Теплотери помещения через наружные стены составляют 162,5 Вт, теплопоступления – 766,4 Вт. Наружный воздух с температурой +8 °С подается в помещение через локальный рециркуляционный воздухораспределитель в количестве 181,1 м³/ч. Рециркуляционный воздух возвращается в помещение через локальный рециркуляционный воздухораспределитель в количестве 271,9 м³/ч.

После построения расчетной сетки с призматическими слоями и областями сгущения, задании физической модели процесса, установки начальных и граничных условий были получены результаты моделирования.

Согласно [4] температура внутреннего воздуха по допустимым нормам в обслуживаемой зоне офисного помещения должна быть в пределах от +18 °С до +23 °С. Допустимая скорость движения воздуха не более 0,3 м/с. При обеспечении показателей микроклимата в различных точках обслуживаемой зоны допускается перепад температуры не более 3 °С и изменение скорости движения воздуха не более, чем на 0,1 м/с.

Результаты расчета.

В продольной плоскости помещения наблюдаются области с низкими температурами в верхней зоне (рис. 3), в остальной же части помещения температура преимущественно равна требуемым значениям.

Высокие скорости движения воздушной среды также наблюдаются только в верхней зоне (рис. 4), но ближе к середине помещения ситуация нормализуется и соответствует нормативным требованиям.

Высота обслуживаемой зоны для сидящих людей согласно [5] равна 1,5 м над уровнем пола.

В верхней плоскости обслуживаемой зоны температура воздуха находится в диапазоне от +17 °С до +18 °С, причем нижний пре-

дел температур наблюдается только в углах, в остальной же части помещения температура близка к $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 5). Скорость движения воздушного потока во всем сечении не превышает $0,2\text{ м/с}$, что полностью соответствует требуемым значениям (рис. 6).

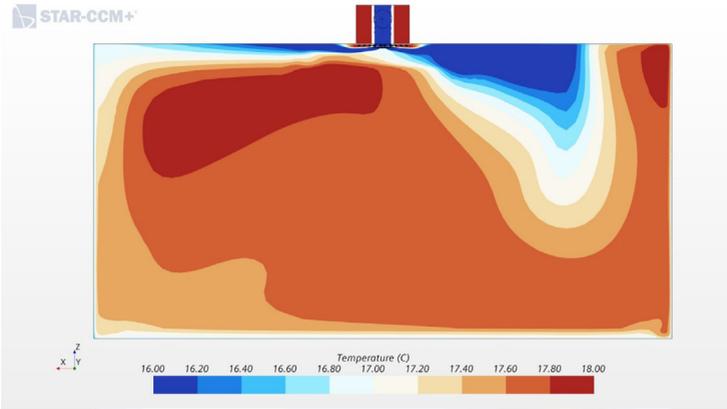


Рис. 3. Температурное поле в продольной плоскости помещения

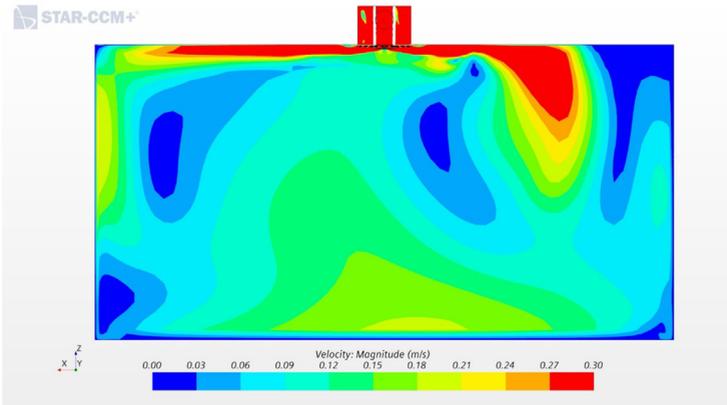


Рис. 4. Поле скоростей воздушного потока в продольной плоскости помещения

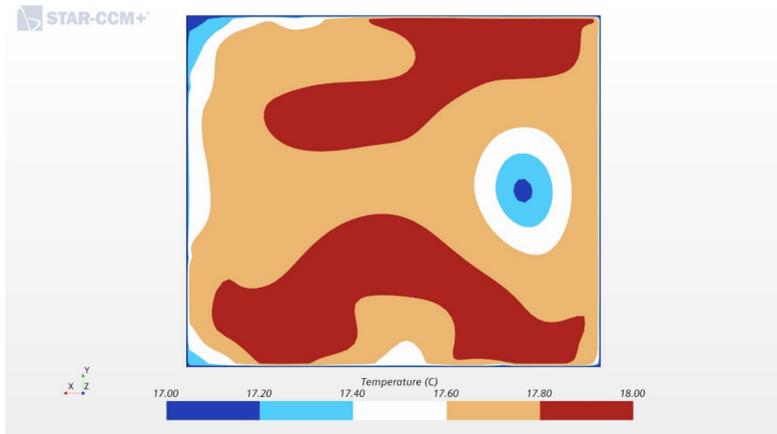


Рис. 5. Температурное поле на высоте 1,5 м от уровня пола

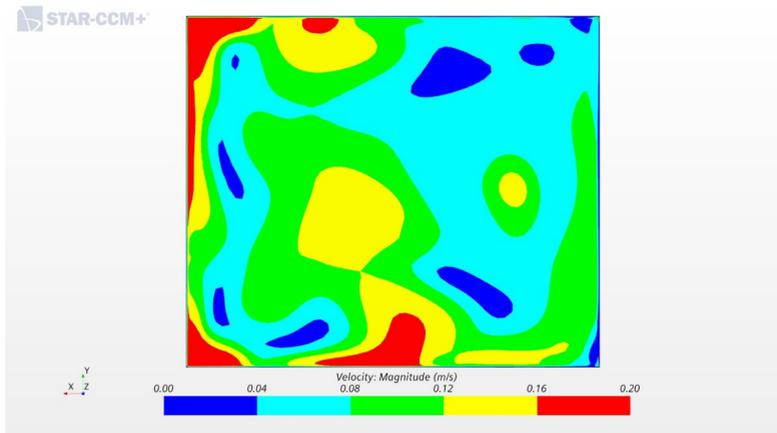


Рис. 6. Поле скоростей воздушного потока на высоте 1,5 м от уровня пола

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что данная конструкция локального рециркуляционного воздухоораспределителя позволяет эффективно смешивать холодный наружный

воздух с нагретым рециркуляционным в верхней зоне помещения и не позволяет холодному потоку пробиться в обслуживаемую зону.

Литература

1. Патент РФ № 2015135632, 24.08.2015. Баландина Л. Я., Капко Д. В., Кочарьянц К. В., Тисленко И. Н. Рециркуляционный воздухораспределитель // Патент России № 2607609. Бюл. № 1.
2. Sukhanova I., Sukhanov K., Numerical Simulation of a Stable Microclimate in a Historic Building // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 982. pp 84-90. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-19756-8_9 (дата обращения: 14.03.2021).
3. Денисихина Д. М., Иванова Ю. В., Мокров В. В. Численное моделирование истечения из современных воздухораспределительных устройств // *Инженерный вестник Дона*. 2018. №2. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4972> (дата обращения: 14.03.2021).
4. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с поправкой): 2011. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293788/4293788520.pdf> (дата обращения: 14.03.2021).
5. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением № 1). М.: ФГУП Стандартинформ, 2019. 66 с.

УДК 697.34

Екатерина Викторовна Родионова,
студент
Елена Александровна Бирюзова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: rodion2508@mail.ru
biruzova@rambler.ru

Ekaterina Viktorovna Rodionova,
student
Elena Aleksandrovna Biryuzova,
PhD of Sci. Eng., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: rodion2508@mail.ru
biruzova@rambler.ru

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ И ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Г. ПРИМОРСКА

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR RECONSTRUCTION AND FURTHER DEVELOPMENT OF THE CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEM IN PRIMORSK

При проведении анализа и прогнозирования теплового баланса зон теплоснабжения выполняются следующие задачи: анализ тепловых нагрузок объектов перспективного строительства; разработка компьютерной модели тепловых сетей на базе натурного обследования системы централизованного теплоснабжения; выполнение вариантных теплогидравлических расчетов и разработка гидравлических режимов; после чего разрабатываются рекомендации по дальнейшему усовершенствованию и развитию системы централизованного теплоснабжения.

При анализе теплового баланса проверяется соответствие теплопроизводительности источников тепла расчетным тепловым нагрузкам потребителей, при анализе гидравлических режимов проверяется соответствие напорных характеристик сетевых насосов источнику потерь напора в тепловых сетях и соответствие расходных характеристик сетевых насосов требуемому расходу сетевой воды потребителей.

Выполнение гидравлических расчетов, разработка гидравлических режимов и отыскание оптимальной последовательности проведения работ по реконструкции системы теплоснабжения проводится с использованием программного комплекса ГИС «Zulu-Thermo–8.0» на базе компьютерной модели тепловых сетей.

В статье описаны поэтапные проработки 8 вариантов теплогидравлических режимов работы системы централизованного теплоснабжения г. Приморска Выборгского района Ленинградской области и анализ влияния вносимых конструктивных изменений на режим.

Ключевые слова: анализ и прогнозирование, тепловой баланс, тепловой и гидравлический режимы, сетевые и подкачивающие насосы, теплоснабжение, реконструкция тепловых сетей.

When analyzing and predicting the heat balance of heat supply zones, the following tasks are performed: analysis of heat loads of prospective construction projects; development of a computer model of heating networks based on a full-scale survey of the district heating system; execution of variant thermohydraulic calculations and development of hydraulic regimes; after that, recommendations are developed for further improvement and development of the district heating system.

When analyzing the heat balance, the correspondence of the heat output of heat sources to the calculated heat loads of consumers is checked, when analyzing the hydraulic modes, the correspondence of the pressure characteristics of the network pumps of the source to the pressure losses in heating networks and the compliance of the flow characteristics of network pumps with the required consumption of network water by consumers is checked.

Hydraulic calculations, the development of hydraulic modes and the search for the optimal sequence of work on the reconstruction of the heat supply system is carried out using the GIS “Zulu-Thermo-8.0” software package based on a computer model of heat networks.

The article describes the step-by-step study of 8 options for thermal-hydraulic operating modes of the centralized heat supply system in Primorsk, Vyborgsky district of the Leningrad region and analysis of the impact of the design changes introduced on the regime.

Keywords: analysis and forecasting, heat balance, thermal and hydraulic modes, network and booster pumps, heat supply, reconstruction of heat networks.

Программа реконструкции тепловых сетей [1] г. Приморска предусматривает в первую очередь замену старой головной тепломагистрали $D_y = 300$ мм на новую с увеличением диаметра до $D_y = 400$ мм, при этом потери напора в тепловых сетях снизятся на $\Delta H = H_{тс} - H_{тс.нов} = 76,8 - 71,0 = 5,8$ м вод. ст. Кроме этого уменьшатся до нормативных значений теплотери при транспортировке сетевой воды за счет применения новой современной тепло-

изоляционной конструкции из пенополиуретана в оцинкованном кожухе (ППУ ОЦ).

При известных характеристиках установленных сетевых насосов ($G_{\text{раб}} = 336 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H_{\text{раб}} = 34,3 \text{ м вод. ст.}$) для обеспечения гидравлических режимов по расходу достаточно иметь в работе два параллельно включенных насоса. При этом необходимый располагаемый напор установленные сетевые насосы обеспечить не могут. Недостающий напор в тепловых сетях $\Delta H = H_{\text{тс}} - H_{\text{раб}} = 71,0 - 34,3 = 36,7 \text{ м вод. ст.}$ возлагается на подкачивающие насосы, установленные у абонентов [1].

Дальнейшее совершенствование гидравлических режимов возможно по двум направлениям:

1) Увеличение располагаемого напора на коллекторах котельной, например, путем замены установленных в котельной сетевых насосов IL 150/335-45/4 производства WILO с рабочими характеристиками:

- номинальная производительность $G_{\text{раб}} = 336 \text{ м}^3/\text{ч}$,
- располагаемый напор $H_{\text{раб}} = 34,3 \text{ м вод. ст.}$,

на более высоконапорные с располагаемым напором $H \approx 70\text{--}75 \text{ м вод. ст.}$ и производительностью $G \approx 180\text{--}250 \text{ м}^3/\text{ч}$ в количестве 3-х рабочих и 1 резервного, например, из группы Wilo-CronoLine-IL 250 (рис. 1) либо, например, на насос Grundfos TP-100-820/2, PN 25.

Кроме этого, возможен вариант достижения необходимых параметров с использованием имеющихся насосов; для этого необходимо изменить схему подключения с параллельной на параллельно-последовательную: а именно, к двум параллельно включенным насосам последовательно подключают вторую параллельно включенную пару насосов. Таким образом, расчетные характеристики насосной группы будут иметь следующий вид:

- номинальная производительность $G_{\text{раб}} = 336 \times 2 = 672 \text{ м}^3/\text{ч}$,
- располагаемый напор $H_{\text{раб}} = 34,3 \times 2 = 68,6 \text{ м вод. ст.}$

При этом целесообразно предусмотреть байпас вокруг второй ступени насосов для работы в одноступенчатом режиме в летнем периоде.

2) Дальнейшее снижение гидравлических потерь в тепловых сетях путем замены наиболее «узких» участков тепловых сетей.

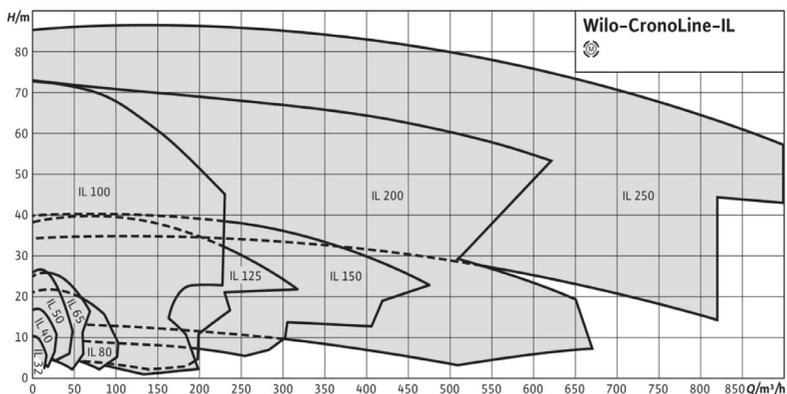


Рис. 1. Рабочее поле насоса Wilo-CronoLine-IL 4-х полюсный

Для последующего усовершенствования и развития системы централизованного теплоснабжения были рассмотрены восемь дополнительных вариантов снижения требуемого располагаемого напора сетевых насосов путем минимальных переключений наиболее «зауженных» участков тепловых сетей.

В процессе выполнения гидравлических расчетов для каждого из вариантов реконструкции определялись основные параметры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах на расчетной тепломагистрали (удельные линейные потери давления, полные потери напора, значения скоростей, расходы сетевой воды и др.); произведено сравнение напорных и расходных характеристик сетевых насосов с потерями напора и расходами сетевой воды в тепловых сетях [2].

Разработка рекомендаций по реконструкции оборудования тепловых сетей. Анализ выполненных вариантных гидравлических расчетов и разработка гидравлических режимов позволяет сформулировать следующие рекомендации по реконструкции систе-

мы теплоснабжения г. Приморска и определить последовательность их выполнения:

1. Определиться с направлением реконструкции:

- замена сетевых насосов в котельной для обеспечения предполагаемого напора на коллекторах котельной на уровне 70 м вод. ст., при этом реконструкция тепловых сетей не потребуется;

- реконструкция тепловых сетей путем замены наиболее «узких» участков, при этом повышается надежность, снижаются аварийность и теплопотери тепловых сетей, замена группы сетевых насосов не потребуется.

2. Реконструкция головного участка теплосетей Котельная № 1 – ТК-8 путем перекладки существующей тепломагистральной с $D_y = 300$ мм на $D_y = 400$ мм, что позволит улучшить гидравлический режим работы тепловых сетей за счет уменьшения гидравлического сопротивления реконструируемого участка ввиду увеличения диаметра, снижения шероховатости внутренней поверхности новых труб до $k_s = 0,5$ мм и уменьшения величины потерь напора на $\Delta H = 5,8$ м вод. ст.

3. Замена отвода тепловой сети на жилые дома «Викинг Строй Инвест» и «Балт Строй Проект» от теплопровода $D_y = 150$ мм между ТК-8 и К-11 до точки разветвления протяженностью $L = 250$ м с $D_y = 80$ мм на $D_y = 125$ мм и замена участка отвода к жилому дому «Балт Строй Проект» протяженностью $L = 85$ м с диаметра $D_y = 80$ мм на $D_y = 100$ мм, что позволит улучшить гидравлический режим работы тепловых сетей за счет уменьшения гидравлического сопротивления реконструируемого участка ввиду увеличения диаметров, снижения шероховатости внутренней поверхности новых труб до $k_s = 0,5$ мм и уменьшения величины потерь напора на $\Delta H = 40 + 5,3 = 45,3$ м вод. ст.

4. Присоединение к основной зоне теплоснабжения № 1 (ул. Школьная) зоны теплоснабжения № 2 (наб. Гагарина) посредством прокладки теплопровода протяженностью $L=1170$ м от К-11 до УТ-1 диаметром $D_y = 150$ мм с заменой участка теплопровода от ТК-8б до К-11 протяженностью $L = 302$ м с $D_y = 150$ мм на

$D_y = 200$ мм, что позволит улучшить гидравлический режим работы тепловых сетей за счет уменьшения гидравлического сопротивления реконструируемых участков ввиду увеличения диаметра, снижения шероховатости внутренней поверхности новых труб до $k_3 = 0,5$ мм и уменьшения величины потерь напора на $\Delta H_{4+5} = 2,2 + 0,6 = 2,8$ м вод. ст.

Таким образом, суммарное уменьшение величины потерь напора в тепловых сетях после реализации всех трех рекомендаций составит $\Delta H_{\Sigma} = 5,8 + 45,3 + 2,8 = 53,9$ м вод. ст. При этом необходимый располагаемый напор сетевых насосов составит $\Delta H_{\text{СН}} = 76,8 - 53,9 = 22,9$ м вод. ст. [3].

Выбор направления реконструкции системы теплоснабжения производится на базе сравнительного технико-экономического анализа и финансовых возможностей владельца системы теплоснабжения – Администрации муниципального образования «Приморское городское поселение» Выборгского района Ленинградской области.

Заключение

1. На основании анализа тепловых балансов и результатов теплогидравлических расчетов зон теплоснабжения г. Приморска были разработаны рекомендации по развитию системы централизованного теплоснабжения в связи с подключением группы новых и перспективных объектов, а также в связи с предстоящим объединением двух автономных зон в единую систему теплоснабжения от новой котельной № 1.

2. Как показал анализ, существующий в котельной № 1 резерв тепловой мощности в размере $Q_{\text{рез}} = 2,8$ Гкал/ч позволяет обеспечить теплоснабжение 7 подключаемых новых зданий с суммарной расчетной тепловой нагрузкой $Q_{\text{нов}} = 2,4$ Гкал/ч, в то время как при последующем объединении 2-х зон теплоснабжения остаточный резерв тепловой мощности в размере $Q_{\text{ост,рез}} = 0,4$ Гкал/ч не позволит обеспечить тепловую нагрузку зоны № 2 $Q_{\text{сумм2}} = 1,447$ Гкал/ч без реконструкции котельной. Возникающий при этом дефицит тепловой мощности $Q_{\text{деф}} = 1,047$ Гкал/ч предлагается покрыть путем установки в котельной № 1 второго котла ООО «НПП БЕЛКОТЛОМАШ»

(респ. Беларусь) ВА-4500 номинальной теплопроизводительностью $Q_{\text{ном}} = 4,5$ МВт (3,8693 Гкал/ч); при этом после объединения возникнет резерв тепловой мощности в размере $Q_{\text{рез}} = 3,869 - 1,047 = 2,822$ Гкал/ч [1].

3. Как показали выполненные гидравлические расчеты вариантов замены участков теплопроводов, самым «узким» местом в тепловых сетях является отвод трубопровода на жилые дома «Викинг Строй Инвест» и «Балт Строй Проект» от теплопровода $D_y = 150$ мм между ТК-8и и К-11 протяженностью $L = 250 + 85$ м диаметром $D_y = 80$ мм.

Замена данного участка с $D_y = 80$ мм на $D_y = 100$ мм позволит уменьшить потери напора в тепловых сетях на $\Delta H_{\text{тс}} = 40$ м вод. ст. и снизить их величину до приемлемых значений $H_{\text{тс}} = 30,9 \div 33,7$ м вод. ст.

Замена данного участка: $L = 250$ м с $D_y = 80$ мм на $D_y = 125$ мм и участка отвода к ж/д «Балт Строй Проект» протяженностью $L = 85$ м с диаметра $D_y = 80$ мм на $D_y = 100$ мм потери напора в сетях уменьшатся еще на $\Delta H_{\text{тс}} = 5,3$ м вод. ст. до $H_{\text{тс}} = 25,6$ м вод. ст.

4. Замена участка теплопровода от ТК-8б до К-11 протяженностью $L = 302$ м с $D_y = 150$ мм на $D_y = 200$ мм целесообразна только в случае присоединения к основной зоне теплоснабжения № 1 (ул. Школьная) зоны теплоснабжения № 2 (наб. Гагарина).

Теплопровод, присоединяющий зону теплоснабжения № 2 протяженностью $L = 1170$ м от К-11 до УТ-1 выбирается диаметром $D_y = 150$ мм.

При этом перекладка участка отвода теплосети на жилые дома «Викинг Строй Инвест» и «Балт Строй Проект» от теплопровода $D_y = 200$ мм между ТК-8и и К-11 протяженностью $L = 250 + 85$ м с диаметра $D_y = 80$ мм на $D_y = 100$ мм обязательна – лучше, как указано в п. 3.

Тогда необходимый располагаемый напор на тепловых сетях составит $H_{\text{тс}} = 33,7 - 5,3 = 28,4$ м вод. ст.

Таким образом, реализация разработанных рекомендаций по реконструкции системы теплоснабжения г. Приморска позволит

улучшить тепловой и гидравлический режимы работы централизованной системы теплоснабжения, уменьшить теплопотери при транспортировке сетевой воды, снизить аварийность и повысить, таким образом, эффективность ее работы.

Литература

1. Беляйкина И. В., Витальев В. П., Громов Н. К. и др. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986. 320 с.
2. Манюк В. И., Каплинский Я. И., Хиж Э. Б. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
3. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. Утв. Приказом Министерства энергетики РФ от 24 марта 2003 г. № 115. URL: <https://base.garant.ru/185671/> (дата обращения: 04.03.2021).

УДК 621.643.03

Инна Сергеевна Сафеева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: i.safueva@yandex.ru

Inna Sergeevna Safueva, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: i.safueva@yandex.ru

СРАВНЕНИЕ ТРУБ «ИЗОПРОФЛЕКС-А» И «СТАЛЬ В ППУ»

COMPARISON OF PIPES “IZOPROFLEX-A” AND “STEEL IN PPU”

В статье представлена сравнительная характеристика трубопроводов «Изопрофлекс А» и стальных трубопроводов в ППУ изоляции. Особое внимание уделяется плюсам и минусам данных трубопроводов. Приводятся в пример их качественные характеристики, а также схожести и различия. Указываются особенности проектирования трубопроводов, а именно сложность и количество расчетов. Так же учитываются особенности эксплуатации трубопроводов, их срок службы и долговечность. Сравнение происходит по таким показателям, как: материал трубопровода, скорость монтажа, надежность труб, стоимость, удобство при транспортировке и возможность исключения дополнительных фасонных изделий.

Ключевые слова: полипропиленовые трубопроводы, теплоизоляция, оцинкованная сталь, теплоноситель, коррозия.

The article presents the comparative characteristics of the pipelines “Izoproflex A” and steel pipelines in PU insulation. Special attention is paid to the pros and cons of these pipelines. An example of their qualitative characteristics, as well as similarities and differences, is given. The features of pipeline design, namely the complexity and number of calculations, are indicated. The features of pipeline operation, their service life and durability are also taken into account. The comparison is based on such indicators as: the material of the pipeline, the speed of installation, the reliability of the pipes, the cost, the convenience of transportation and the possibility of excluding additional shaped products.

Keywords: polypropylene pipelines, thermal insulation, galvanized steel, heat carrier, corrosion.

Тепловые сети представляют собой трубопроводы, задача которых состоит в том, чтобы доставить теплоноситель от производителя тепла к его потребителю. Долгий срок службы и небольшие теплопотери являются основными факторами применения теплосетей, за которые отвечают качественное проектирование и монтаж. Так же долговечность и надежность зависит от вида используемых труб, оптимальный выбор которых зависит от множества факторов [2].

Традиционно, при ремонте и проектировании тепловых сетей, применяются стальные трубопроводы с изоляционным слоем из пенополиуретана (рис. 1). Данный вид труб стал широко применяться еще в семидесятых годах прошлого века. Технология изготовления данных труб довольно простая: сначала на стальную трубу наносится слой теплоизоляции из пенополиуретана, далее стальную трубу с утеплителем помещают в дополнительную оболочку, состоящую из оцинкованной стали или полиэтилена. В тепловую изоляцию устанавливается встроенный кабель для дистанционного контроля влажности на определенном отрезке трубопровода – система ОДК (оперативно-дистанционный контроль).

Перед монтажными работами необходимо основательно подготовить площадку и провести необходимые мероприятия. Так же

трубопроводы нужно осмотреть на предмет механических повреждений: трещины, надрезы и проколы. Перед укладкой трубопроводы проверяются на целостность системой ОДК. Так же необходимо заранее проверить траншею, есть ли неровности, камни или другие острые предметы. Углубления нужно засыпать песком. Трубы в траншею опускаются плавно, для исключения удара.

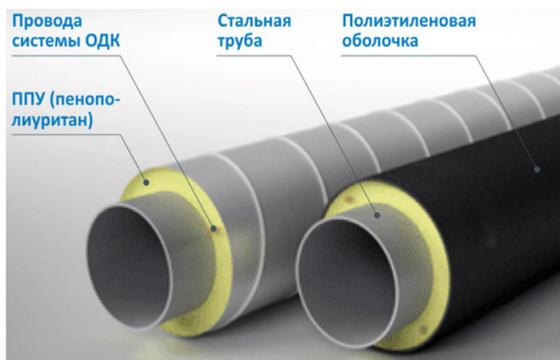


Рис. 1. Стальная труба в изоляции из пенополиуретана

Если эти мероприятия не проводить, то велик риск повреждения трубопровода. Трубопроводы монтируются непосредственно в траншее и при хороших погодных условиях и температуре не ниже нуля градусов, если трубы монтируются в непогоду, то нужно позаботиться о дополнительных мерах защиты трубопровода [3].

Стальные трубопроводы имеют свои достоинства и недостатки. Достоинства:

1. Изоляция из пенополиуретана имеет низкий коэффициент теплопроводности.
2. Данный вид труб имеет относительно невысокую цену.
3. Трубы имеют довольно умеренную способность к поглощению жидкостей.
4. Диапазон рабочих температур труб составляет от -190 градусов до $+150$ градусов по Цельсию.

5. Система оперативно-дистанционного контроля позволяет своевременно узнавать о месте намокания материала тепловой изоляции, поэтому для ремонта необходимо удалять не огромные участки, а только места повреждения.

6. Защитная гидрооболочка из жесткого полиэтилена.

7. Рекомендован бесканальный способ прокладки.

Недостатки:

1. Стальные трубы подвержены коррозии, а из-за того, что труба находится в защитной оболочке, то процесс коррозии становится не таким заметным.

2. Пенополиуретан имеет низкую прочность и не устойчив к механическому воздействию.

3. Если на изоляцию попадает влага или она повреждается, то необходимо полностью заменить участок тепловой сети, так как отдельно отремонтировать изоляцию нельзя.

4. Стальные трубы имеют высокий коэффициент шероховатости, в связи с этим на внутренней поверхности труб появляются отложения, тем самым уменьшая пропускную способность труб.

В последние годы, помимо стальных трубопроводов, стали применяться трубы Изопрофлекс-А (рис. 2). Фактически данные трубы состоят из сшитого полиэтилена, покрытого пенополиуретаном и гофрированным кожухом. Благодаря своим свойствам материал способен удерживать требуемую температуру в течение всего времени эксплуатации. Кроме того, некоторые модели дополнительно покрываются кевларовым слоем, антидиффузионным слоем и другими материалами.

Транспортировка трубопроводов осуществляется в барабанах. Площадка для хранения труб не должна иметь острых предметов, в качестве подкладок необходимо использовать деревянные щиты, мешки с песком, песчаные подушки. Перед монтажом соединительного элемента стыкуемые трубы должны быть подготовлены специальным образом, конец труб нужно освободить от защитной оболочки и слоя теплоизоляции [1].

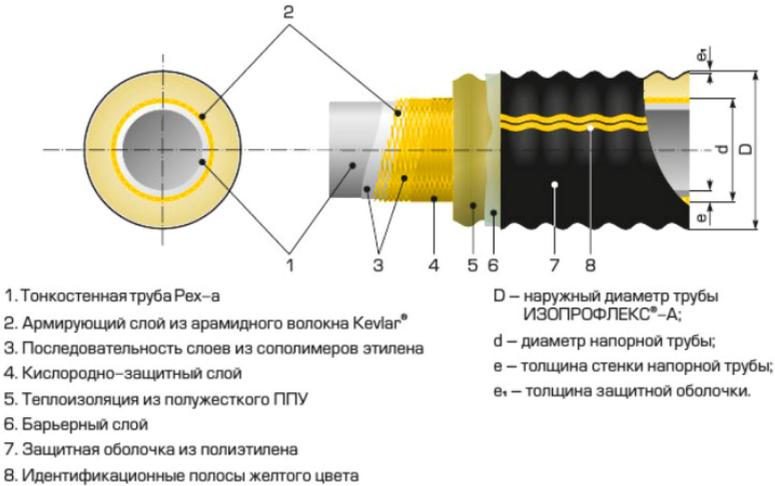


Рис. 2. Труба Изопрофлекс-А

Данный вид труб, благодаря своему небольшому весу и определенной гибкости, при монтаже требует минимум навыков, инструментов, усилий и времени.

Достоинства труб Изопрофлекс-А:

1. Главным преимуществом Изопрофлекс перед стальными трубами является их гибкость. Благодаря этому при создании гидравлической системы получается меньше стыков. Кроме того, такие трубы способны огибать препятствие гораздо лучше стальных труб.

2. Небольшой вес труб Изопрофлекс-А.

3. Для укладки не нужна тяжелая техника.

4. Затраты на установку и содержание таких труб в 2–7 раз ниже, чем при обычных стальных. При этом материалы изделий Изопрофлекс полностью избавлены от такого явления, как коррозия. Трубы могут сохранять прежний вид на протяжении десятков лет.

5. При отсутствии у труб семейства Изопрофлекс-А механических повреждений плановое отключение трубопроводов для испытаний в весенне-летний период не требуется.

Недостатки:

1. Основной недостаток данных труб, высокая стоимость труб, по сравнению со стальными.

2. Так как запорную арматуру необходимо устанавливать на стальном трубопроводе, нужно дополнительно предусматривать переходы с труб Изопрофлекс-А на сталь.

3. Пенополиуретан имеет низкую прочность и не устойчив к механическому воздействию.

4. Эксплуатационные характеристики позволяют использовать их в тепловых сетях с рабочей температурой теплоносителя до 95°C и давлением до 1,0 МПа одновременно.

5. В подвижных и болотистых грунтах трубы нуждаются в дополнительной подсыпке из щебня для формирования равномерной нагрузки на дно траншеи.

Подводя итоги, можно заметить, что трубопроводы Изопрофлекс-А, не смотря на свою высокую стоимость, обладают неоспоримыми достоинствами по сравнению со стальными трубопроводами, так как в процессе монтажа и эксплуатации данный вид труб менее затратный по сравнению со стальными. Но в то же время их применение имеет ряд существенных ограничений по температуре и давлению теплоносителя.

Литература

1. Группа «Полимертепло» URL: <http://www.polymerteplo.ru/> (дата обращения: 08.03.2021)

2. Виды труб для теплосетей URL: <https://tk-flex.ru/articles/vidy-trub-dlya-teplosetej> (дата обращения: 08.03.2021)

3. ППУ трубы: описание, преимущества и недостатки URL: <http://recn.ru/ppu-truby-opisanie-preimushhestva-i-nedostatki> (дата обращения: 08.03.2021).

УДК 697.341

Алексей Павлович Симушин, студент
Елена Александровна Бирюзова,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: alexey_simooshin@mail.ru,
biryuzova@rambler.ru

Aleksey Pavlovich Simushin, student;
Elena Aleksandrovna Biryuzova,
PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: alexey_simooshin@mail.ru,
biryuzova@rambler.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ НАГРУЗКИ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ НЕПОДВИЖНЫЕ ОПОРЫ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ПРИ УСТАНОВКЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ И ТИПОВ КОМПЕНСАТОРОВ

CHANGE IN THE VALUE OF LOAD ON INTERMEDIATE FIXED SUPPORTS OF THE HEATING NETWORK WHEN INSTALLING DIFFERENT KINDS AND TYPES OF COMPENSATORS

Тепловые сети являются самым протяженным и дорогостоящим звеном в системе централизованного теплоснабжения. Они представляют собой сложный технологический комплекс, состоящий из множества элементов различного назначения. Основным оборудованием тепловых сетей являются: опоры (подвижные, неподвижные и др.), трубопроводы, компенсаторы и т. д. [1]. Одними из важнейших элементов, обеспечивающим эксплуатационную надежность системы на протяжении всего срока существования, являются неподвижные опоры. Неподвижные опоры разделяют теплопроводы на независимые участки и воспринимают нагрузки [2]. В данной работе рассмотрим, как будет изменяться величина нагрузки на неподвижную опору в зависимости от видов и типов устанавливаемых компенсаторов.

Ключевые слова: тепловые сети, теплоснабжение, неподвижная опора, нагрузки, компенсатор.

Heating networks are the longest and most expensive link in the district heating system. They represent a difficult technological complex consisting of many el-

ements for various purposes. The main equipment of heating networks are supports (movable, fixed, etc.), pipelines, compensators, etc. [1]. Fixed supports are one of the most important elements ensuring the operational reliability of the system throughout its entire life cycle. Fixed supports divide heat pipelines into independent sections and perceive loads [2]. In this work, we will consider how the load on the fixed support will change depending on the kinds and types of installed compensators.

Keywords: heating network, heat supply, fixed support, loads, compensator.

Тепловые сети являются одним из важнейших элементов теплоэнергетики страны. Теплопроводы предназначены для транспортировки тепла от его источника к потребителю, поэтому надежность данных сетей является очень важным вопросом при проектировании, строительстве и эксплуатации, ведь от их правильной и бесперебойной работы, особенно в зимний период, зависит очень многое, от комфорта людей до возможности технологических процессов на производствах.

Основными факторами, влияющими на устойчивость систем теплоснабжения, являются температурный график, при котором работают теплопроводы, и рабочее давление. Также, очень важен временной фактор, то есть на какой период эксплуатации рассчитывается система.

От конфигурации тепловой сети, её протяженности, диаметров трубопроводов, типов прокладки, применяемых компенсаторов надежность и устойчивость системы зависит ещё в большей степени, чем от вышеперечисленных факторов. Во избежание аварий на тепловых сетях и отключения потребителей во время эксплуатации, при проектировании инженеры обязаны выполнять прочностной расчет трубопроводов. При помощи данного расчета возможно определить усилия и напряжения, образующиеся в элементах и оборудовании системы, тепловые удлинения участков и нагрузки на неподвижные опоры [3].

Для восприятия тепловых удлинений участков, ограниченных неподвижными опорами, на них устанавливаются компенсаторы. Компенсаторы бывают разных видов: сальниковые, сильфонные, линзовые, изогнутые П-образные и др. В данной работе будем срав-

нывать 2 вида компенсаторов: сильфонные (одинарные и сдвоенные) и П-образные (с разными вылетами). Каждый из компенсаторов имеет свои достоинства и недостатки.

Сильфонные компенсаторы в настоящее время наиболее распространены. Их можно устанавливать, как в канале, так и бесканально, однако при канальной прокладке для сильфонов необходима установка направляющих опор. Направляющие опоры предназначены для поддержания соосности трубопроводов, расположенных с разных сторон от компенсатора. Для сдвоенных сильфонных компенсаторов часто устанавливают по 2 направляющих опоры с каждой стороны, т.к. они обладают наименьшей устойчивостью. Также, сильфоны просты в установке и не требуют обслуживания.

П-образные компенсаторы также просты в установке и не требуют обслуживания, однако они имеют большие габаритные размеры, поэтому их применение в условиях городской застройки при наличии других коммуникаций зачастую невозможно. Преимуществом таких компенсаторов является их дешевизна и возможность изготовления во время строительно-монтажных работ.

Для исследования возьмем трубопровод тепловой сети канальной прокладки диаметром Ду200 в ППУ изоляции, разобьем его на 2 участка по 20,0 и 40,0 м и рассмотрим нагрузку, воспринимаемую промежуточной неподвижной опорой Н1 для 4-х различных конфигураций сети. Расчет произведем в программе «Старт-Проф» в соответствии с [4] и [5].

В первом случае (рис. 1) для восприятия температурных удлинений трубопровода в середине участков между неподвижными опорами установим П-образные компенсаторы с вылетом, равным 2,0 м и длиной компенсатора 2,0 м.

Во втором случае (рис. 2) также примем к установке П-образные компенсаторы, но их вылет будет равен 4,0 м, длина останется прежней.

В третьем случае (рис. 3) установим одинарные сильфонные компенсаторы в середине участков. Для надежной и безотказной работы сильфона установим с каждой стороны направляющие опоры.

В последнем варианте (рис. 4) будем устанавливать сдвоенные сильфонные компенсаторы с 2-мя направляющими опорами с каждой стороны.

Расчетные нагрузки для всех вариантов конфигураций сети показаны в таблице (табл. 1).

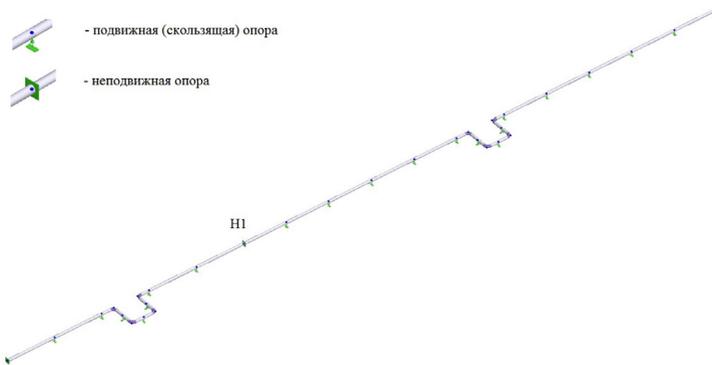


Рис. 1. Прокладка теплопроводов с П-образными компенсаторами с вылетом 2,0 м

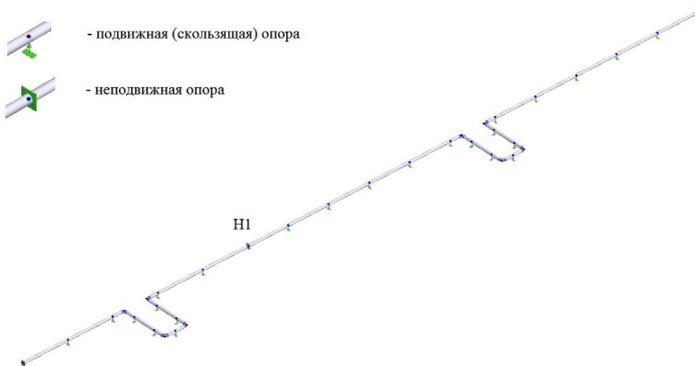


Рис. 2. Прокладка теплопроводов с П-образными компенсаторами с вылетом 4,0 м

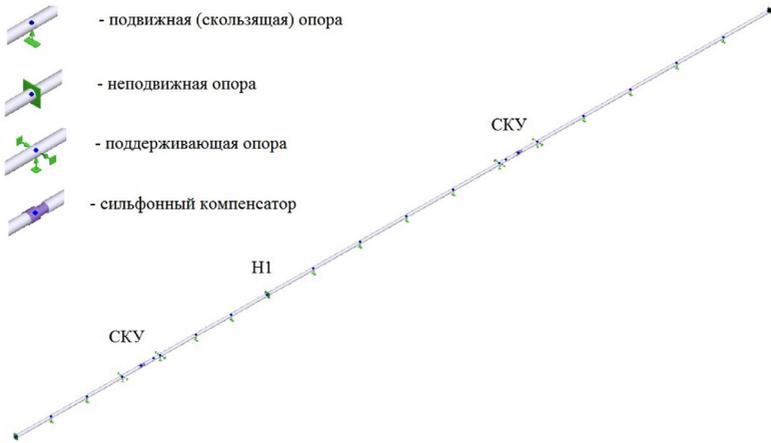


Рис. 3. Прокладка теплопроводов с одинарными сифонными компенсаторами

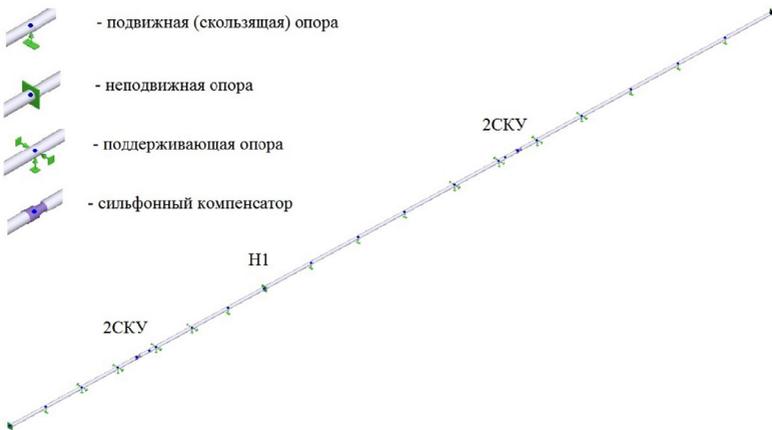


Рис. 4. Прокладка теплопроводов со сдвоенными сифонными компенсаторами

Таблица 1

Расчетные нагрузки на промежуточную неподвижную опору для всех конфигураций сети

Номер расчетной конфигурации	№ опоры	Нагрузка, т
1	Н1	0,93
2	Н1	0,40
3	Н1	0,88
4	Н1	0,55

Исходя из результатов расчета, можем сделать соответствующие выводы. Как мы видим, наименьшие усилия на неподвижные опоры возникают при установке сдвоенных сильфонных компенсаторов и П-образных компенсаторов с вылетом 4,0 м. Однако, как было сказано выше, первые имеют наименьшую устойчивость и нуждаются в установке дополнительных направляющих опор, а вторые зачастую невозможно установить в связи с их большими размерами. Из двух оставшихся вариантов, наиболее предпочтительным является вариант с установкой одинарного сильфонного компенсатора, т. к. он вызывает меньшие усилия на промежуточную неподвижную опору Н1 в сравнении с П-образным компенсатором с вылетом 2,0 м.

Анализируя результаты, достоинства и недостатки исследуемых компенсирующих устройств, можем с уверенностью сказать, что применение одинарных сильфонных компенсаторов типа СКУ является приоритетным вариантом для решения поставленной задачи, а распространенность такого вида компенсаторов в современном мире весьма оправдана.

Литература

1. Симушин А. П., Бирюзова Е. А. Влияние места установки сильфонных компенсаторов на величину нагрузки на неподвижные опоры тепловых

сетей при разных способах прокладки // Современные проблемы инженерной экологии и городского хозяйства: сборник статей обучающихся факультета инженерной экологии и городского хозяйства СПбГАСУ, Выпуск 2 – СПб., 2021. С. 187–190.

2. Фридман Я.Х. Неподвижные опоры как объекты надежности в системе теплоснабжения. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1485 (дата обращения: 22.02.2021)

3. Справочник проектировщика: Проектирование тепловых сетей; Под ред. А. А. Николаева. М.: Стройиздат, 1965г. 360 с.

4. ГОСТ Р 55596-2013 Сети тепловые. Нормы и методы расчета на прочность и сейсмические воздействия. М.: Стандартинформ, 2014г.

5. Симушин А. П., Бирюзова Е. А. Применение системы «Старт-Проф» при расчете трубопроводов тепловых сетей на прочность // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : научные труды Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в память о проф. Данилове Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений, посвященных 100-летию Уральского федерального университета (Екатеринбург, 14–18 декабря 2020 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2021. С. 161–164.

УДК 696.4

Анастасия Артемовна Никитина,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: nastasya-nikitina-1998@inbox.ru

Anastasia Artemovna Nikitina,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil engineering)

E-mail: nastasya-nikitina-1998@inbox.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

MODERNIZATION OF THERMAL ENERGY METERING UNIT

Основными энергоемкими объектами в городах и районах являются системы тепловодоснабжения и потребления зданий жилищного фонда. Доля затрат на оплату потребленной тепловой энергии и воды в жилищном фонде составляет не менее 60 % от всех затрат на функционирование жилищно-коммунального хозяйства. Таким образом, проблема автоматизации учета энергоресурсов с ис-

пользованием современных технических средств измерений в настоящее время является чрезвычайно актуальной задачей [1].

Цель исследования: модернизация теплового узла, которая позволит ввести точный учет потребляемой энергии, также позволит регулировать объем потребления тепловой энергии, в зависимости от погоды, обеспечивая, при этом, экономию ресурсов в системе теплоснабжения на примере многоквартирных жилых домов г. СПб.

Ключевые слова: узел учета тепловой энергии; автоматизация; сохранение энергии; энергоэффективность.

The main energy-intensive objects in cities and districts are the heat supply and consumption systems of housing stock buildings. The share of the cost of paying for the consumed heat and water in the housing stock is at least 60 % of the total cost of the functioning of housing and communal services. Thus, the problem of automation of energy accounting with the use of modern technical means of measurement is currently an extremely urgent task. The purpose of the study: the modernization of the heat node, which will allow you to enter an accurate accounting of energy consumption, will also allow you to regulate the amount of heat energy consumption, depending on the weather, while providing, at the same time, saving resources in the heat supply system on the example of an apartment building in St. Petersburg.

Keywords: automated control nodes; automation; energy saving; energy efficiency.

Материалы и методы исследования. Задача подключения системы отопления к централизованным тепловым сетям реализуется в тепловом пункте. Основным функциональным устройством преобразования параметров теплоносителя (давление и температура) на большом количестве ИТП является – водоструйный элеватор. Основной недостаток – температура теплоносителя, поступающего в систему отопления, определяется температурой теплоносителя из тепловой сети при постоянном расходе теплоносителя. Виды модернизации представлены в рис. 1.

Преимущества блока «Энергия Экон»:

- *Энергосбережение:*

1. Погодное регулирование – автоматическое поддержание графика температуры подаваемого в систему отопления в соответствии с температурой наружного воздуха.

Основные характеристики	Автоматизированный тепловой пункт	Блок Энергия ЭКОН	Элеваторный узел с автоматическим регулированием
Получение технических условий	требуется	не требуется	требуется
Получение допуска СЗУ "Ростехнадзор"	требуется	не требуется	требуется
Позадное регулирование	есть	есть	есть
Дистанцирование и удаленный контроль	есть	есть	есть
Компактность	нет	да	да
Соответствие нормативным документам	да	да	нет
Поддержание необходимого давления и расхода на систему отопления	да	да	нет
Замена при переходе на закрытую схему теплоснабжения	нет	нет	да
Энергонезависимость (обеспечение работы системы отопления при отключении эл. Энергии)	нет	да	да
II категория электроснабжения	требуется	не требуется	не требуется

Рис. 1. Виды модернизации

2. Снятие вынужденных «перетоков» – ограничение договорного расхода теплоносителя и контроль режима теплопотребления.

3. Частотное регулирование позволяет снизить потребление электрической энергии насосами.

4. Снижение теплопотребления при выполнении дополнительных мероприятий по энергосбережению (утепление чердака и наружных стен, замена окон и т.д.

● **Автономность:**

1. Обеспечение полностью в автономном режиме необходимого расхода и располагаемого давления для равномерно-го прогрева и стабильной работы системы отопления.

2. Полный дистанционный контроль за параметрами и работой оборудования, возможность при аварийных ситуациях удаленно управлять блоком.

3. Автоматическое управление насосами.

4. Автоматическое восстановление работоспособности после нештатных ситуаций и защита системы от опорожнения и замораживания.

5. Применение сдвоенных насосов – автоматическое переключение насосов при выходе из строя одного из них.

Регулирование теплотребления на систему отопления происходит следующим образом: электропривод K2 при поступлении соответствующего сигнала от регулятора давления R1, в зависимости от данных датчиков температура наружного воздуха – TE1 и температура подающего трубопровода TE2, перемещает шток двухходового клапана K1 в сторону, соответствующую уменьшению/увеличению проходного сечения клапана, что приводит к увеличению/уменьшению подмеса теплоносителя из обратного трубопровода. Подмес теплоносителя из обратного трубопровода подающий осуществляется насосом K3, установленным в перемычке между этими трубопроводами. Насос изменяет коэффициент подмеса и следовательно, температуру теплоносителя, поступающего в СО. Функциональная схема модернизации представлены в рис. 2, 3.

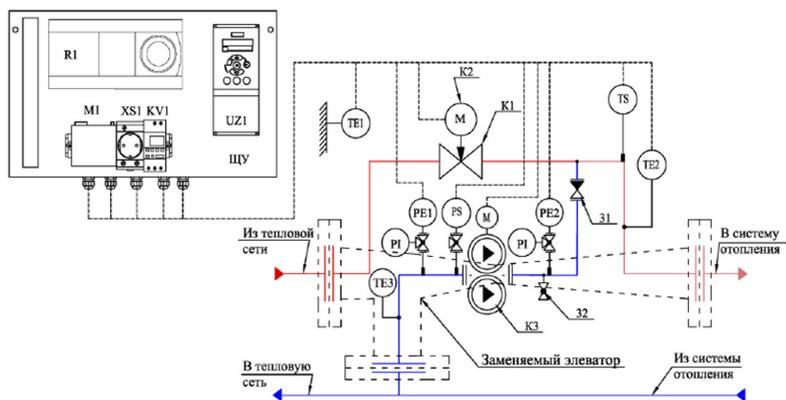


Рис. 2. Функциональная схема блока «Энергия Экон»

Результаты исследования

В процессе работы проводились экспериментальные исследования с выгрузкой показателей до и после проведения модернизации. Сравнение аналогичных зданий.

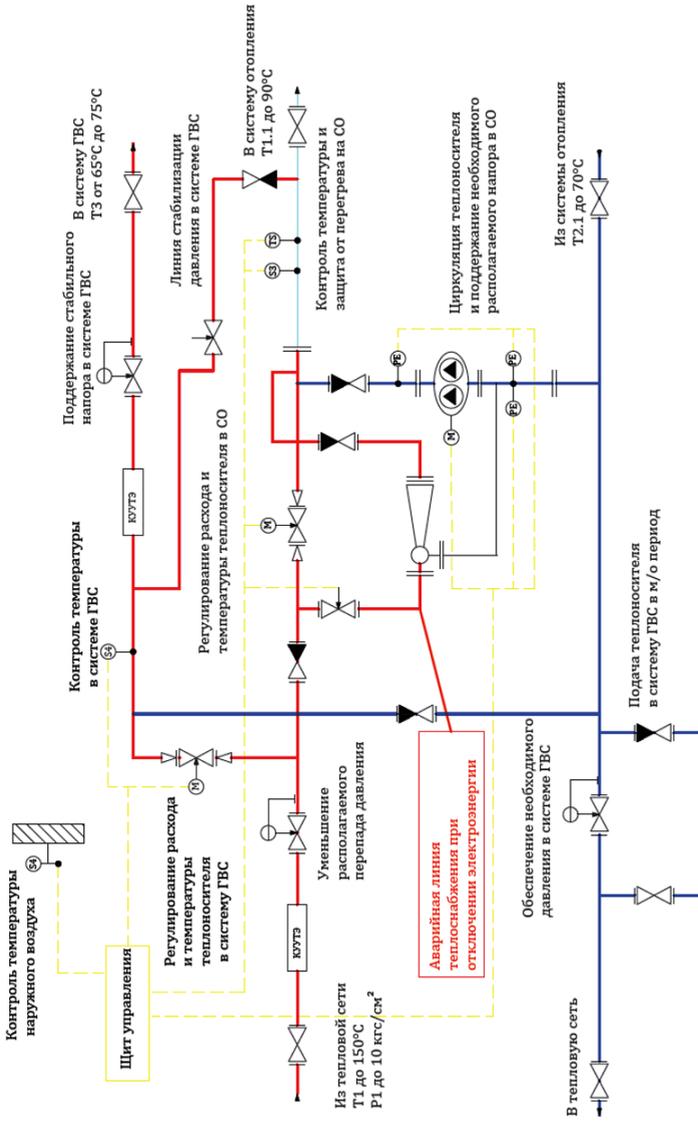


Рис. 3 Функциональная схема модернизации

№ п/п	Улица	№ дома	№ корп	Отопление, Гкал./час	2019 год		2020 год		Прибытие фактического к расчетному значению		Экономия	
					Тбаз, град С	Т, град С	Т, град С	Кнар	Месяц	Итого		
1	Ботаническая ул.	10	2	0,351	707,18	1,945	691,18	Кнар	735,28			-28,10
2	Ботаническая ул.	18	2	0,386	659,4	1,945	588,98		625,03			34,37
3	Ботаническая ул.	5	1	0,307	638,79	1,945	617,12		657,96			-19,17
4	Ботаническая ул.	6	1	0,365	685,92	1,945	686,26		728,00			-42,08
5	Ботаническая ул.	6	2	0,359	673,96	1,945	621,8		659,20			14,76
6	Ботаническая ул.	7	1	0,31	699,57	1,945	654,49		699,98			-0,41
7	Госпитальное ш.	17	2	0,386	614,89	1,945	596,64		633,26			-18,37
8	Чебышевская ул.	1	2	0,359	732,69	1,945	722,06		765,29			-32,60
9	Чебышевская ул.	10	2	0,351	679,3	1,945	638,77		661,17			-187
10	Чебышевская ул.	3	2	0,357	751,94	1,945	720,59	0 *Кнар, Расчетные	778,33	0 баз - 0 *Кнар,		-26,39
11	Чебышевская ул.	4	3	0,348	600,1	1,945	563,32	Фактическое потребление, Гкал	599,05	Экономия, Гкал		1,05
12	Чебышевская ул.	7	1	0,45	983,45	1,945	909,24		964,84			18,61
13	Чебышевская ул.	8	2	0,351	668,25	1,945	594,09		629,51			38,74
14	Чичеринская ул.	5	1	0,501	810,79	1,945	788,28		839,26			-28,47
15	Чичеринская ул.	5	2	0,512	892,07	1,945	836,54		888,95			3,12
16	Чичеринская ул.	9	2	0,351	670,42	1,945	647,12		686,84			-16,42
17	Шахматова ул.	12	2	0,322	753,06	1,945	696,73		737,01			16,05
18	Шахматова ул.	2	2	0,333	687,83	1,945	653,75		693,46			-5,63
19	Шахматова ул.	4	2	0,364	751,3	1,945	535,81		568,30			183,00

Рис. 4. Результаты проведения модернизации

Вывод

Таким образом, можно сказать, что применение современных средств автоматизации в системах теплоснабжения позволяет значительно сократить потребление тепловой энергии на нужды отопления.

Литература

1. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. Под ред. инж. А. А. Николаева, Москва. 1965. 361 с. 2.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРGETИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

УДК 621.224

Егор Дмитриевич Пилипенко, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: pilipok13@mail.ru

Egor Dmitrievich Pilipenko, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: pilipok13@mail.ru

КОНЦЕПТ МИНИ-ГАЭС НА ОСНОВЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ ВОДОНАПОРНЫХ БАШЕН

MINI HPP CONCEPT BASED ON EXISTING TYPICAL WATER TOWER PROJECTS

Разработано предложение по использованию водонапорных башен типовых проектов и существующих моделей мини-ГЭС для создания на их основе мини-ГАЭС малой мощности для локального использования на предприятиях. Приведены существующие решения мини-ГЭС различных производителей, типовые проекты водонапорных башен, насосных установок и их характеристики, преимущества и недостатки для использования в составе мини-ГАЭС. Сделан вывод о возможности использования или отказа от данного решения в силу условий эксплуатации. Приведен пример возможности использования такой установки для выравнивания графиков нагрузки. Сделан вывод о целесообразности данного концепта.

Ключевые слова: мини-ГЭС, гидроаккумулирующая электростанция, водонапорная башня, гидроэлектростанция, насосная установка, суточное энергопотребление.

A proposal has been developed for the use of water towers of standard designs and existing models of mini-hydroelectric power plants for the creation on their basis of low power mini-pumped storage power plants for local use at enterprises. The existing solutions of mini-hydroelectric power plants of various manufacturers, standard designs of water towers, pumping units and their characteristics, advantages and disadvantages for use as part of mini-pumped storage power plants are presented. The conclusion is made about the possibility of using or rejecting this solution due to the operating conditions. An example is given of the possibility of

using such an installation for leveling load curves. The conclusion about the expediency of this concept is made.

Keywords: mini HPP, pumped storage power plant, water tower, hydroelectric power plant, pumping unit, daily energy consumption.

Проблема суточного графика потребления

При выработке электроэнергии образуется ее избыток, который нужно либо сразу отдать потребителю, либо накопить, чтобы отдать позднее, иначе он будет потерян. Этот избыток обусловлен, в первую очередь, суточными колебаниями энергопотребления (рис. 1), которые на традиционных электростанциях сгладить невозможно или затруднительно.

По статистике [1] максимумы энергопотребления приходится на утро, когда начинает работать большинство предприятий, и на вечер, когда большинство людей включает бытовые электроприборы (рис. 1). Разница между максимумом и минимумом нагрузки может достигать до 90 %. Работа в таком режиме приводит к повышенному износу и выходу из строя оборудования электростанций.

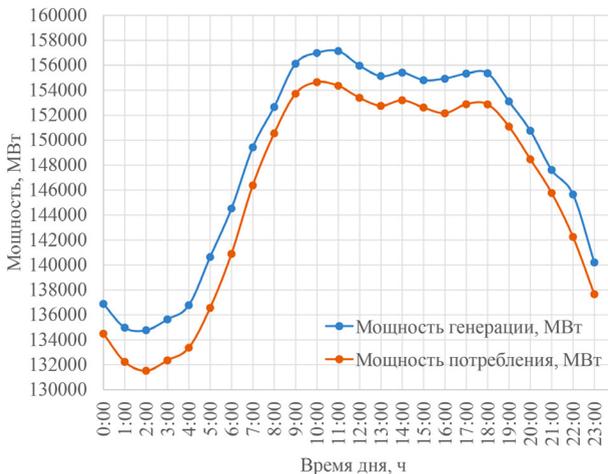


Рис. 1. Оперативные данные о выработке и потреблении электроэнергии и мощности в энергосистеме России за 20.01.2021 [1]

Суточная неравномерность нагрузки также приводит к повышенному потреблению ископаемых невозобновляемых энергоносителей (уголь, нефть, газ и т. д.) на традиционных электростанциях.

Сейчас эти проблемы решаются организационными мерами – введением большей стоимости электроэнергии днем и меньшей – ночью (ночной и дневной тарифы).

Однако проблема хранения избыточной электроэнергии, вырабатываемой в период пониженного потребления, остается актуальной.

Использование гидроаккумулирующих станций (ГАЭС) в энергетике

Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС) – гидроэлектростанция, способная накапливать электроэнергию в период низкого энергопотребления (например, ночью) и отдавать ее в энергосистему по мере необходимости (например, при пиковых нагрузках).

Принцип работы ГАЭС состоит в том, что в период низкого энергопотребления ее насосы забирают воду из нижнего резервуара и перекачивают ее в верхний, аккумулируя таким образом энергию (насосный режим), а во время пиковых нагрузок вода сбрасывается, вращая генератор и вырабатывая необходимую электроэнергию (генераторный режим).

ГАЭС позволяют оптимизировать процесс выработки и потребления электроэнергии по сравнению с более распространенными сейчас тепловыми и атомными электростанциями. Использование ГАЭС может снизить стоимость энергопотребления при существенной неравномерности нагрузки и повысить надежность энергоснабжения за счет функции аккумуляирования энергии.

Преимущества и недостатки ГАЭС

Основное преимущество ГАЭС состоит в экологичности ее работы, которая связана с использованием возобновляемого источника энергии.

ГАЭС также позволяет лучше регулировать вырабатываемую электроэнергию, сокращая ее избытки, либо отдавая накопленную ее часть в периоды пиков [2].

Основные недостатки типовых мощных ГАЭС состоят в том, что они: занимают большую площадь под водные резервуары; требуют наличия естественного или искусственного перепада высот (как и обычные ГЭС); достаточно дороги и материалоемки в процессе строительства [3].

Цели и задачи

Целью данной работы является разработка и апробация концепта мини-ГАЭС для локального использования на предприятиях вкупе с мини-электростанциями предприятия либо отдельно от них на основе существующих проектов водонапорных башен и существующих на рынке решений мини-гидроэлектростанций (мини-ГЭС). Мини-ГАЭС должна обеспечивать мощность минимум 3 кВт на протяжении минимум двух часов в режиме генерации.

Достоинства предлагаемого концепта:

- небольшая занимаемая установкой площадь (по сравнению с классическими ГАЭС);
- экономия горючего топлива в случае использования на предприятии «Бобрыйский завод тракторных деталей и агрегатов» (БЗТДИА) или любом другом, использующем собственную дизельную генераторную установку;
- снижение экономических затрат на электроэнергию за счет работы установки в ненагруженное время в насосном режиме;
- использование в конструкции типовых решений и продуктов, уже существующих на рынке, а, следовательно, снижение итоговой стоимости реализации проекта и времени его окупаемости.

Суть идеи состоит в разработке конструкции ГАЭС на базе водонапорной башни. В насосном режиме такая станция будет работать на наполнение водонапорной башни, а в генераторном – генерировать электрическую энергию за счет истечения воды из

башни в нижний резервуар через мини-ГЭС существующих конструкций. На данный момент в мире существует огромное количество типовых проектов водонапорных башен разнообразных конструкций. Основная суть работы таких башен сводится к закачиванию воды в резервуар, расположенный на некоторой высоте относительно потребителей воды, откуда под напором, образующимся за счет данной разности высот, вода поступает к потребителям. Высота башен в среднем варьируется от 6 до 45 м, а емкость их бака – от 10 до 800 м³ [3].

Выбор мини-ГЭС

В данный момент готовые решения мини-ГЭС производит ограниченное количество предприятий. Объясняется это ограниченностью применения малых гидроэлектростанций, обусловленной малым наличием подходящих водных объектов, а также тенденциями развития энергетики в разных странах. Рынок представлен в основном следующими компаниями:

- «*CINK Hydro-Energy*», Чехия;
- «*Weswen*», Германия;
- «*Suneco*», Китай;
- ООО «Гидропоника», Кыргызстан;
- компания «НПО Инверсия», г. Екатеринбург, Россия;
- «МНТО ИНСЭТ», г. Санкт-Петербург, Россия.

Продукция компаний «*CINK Hydro-Energy*», «НПО Инверсия» и «МНТО ИНСЭТ» далее не рассматривается, так как всё производимое ими оборудование имеет относительно высокую мощность и, как следствие, требует напора свыше 20 м, что трудно или вовсе нереализуемо в данном проекте мини-ГАЭС. Продукция же компании ООО «Гидропоника» не подходит, поскольку вся линейка производимой продукции имеет малую (до 1,5 кВт) мощность.

Ниже представлена сводная таблица (табл. 1) с основными характеристиками подходящих по величине напора и мощности мини-ГЭС.

Таблица 1

Характеристики мини-ГЭС

Мини-ГЭС	<i>Wespen</i> <i>WTWT3</i>	<i>Wespen</i> <i>WTWT5</i>	<i>Wespen</i> <i>WRFWT5</i>	<i>Suneco</i> <i>GD-LZ-12-3KW</i>	<i>Suneco</i> <i>GD-LZ-20-5KW</i>
Необходимый напор, м	10–50	10–40	5–12	11–15	6–10
Расход воды, м ³ /с	0,008–0,025	0,014–0,042	0,027–0,082	0,045	0,151
Мощность, кВт	3	5	5	3	5
Выходное напряжение, В	230	230/400	230/400	230	230

Исходя из значений расхода, подсчитаем минимальный объем воды, необходимый для достижения минимального заявленного времени работы (2 часа). Расчет ведется по максимальному значению расхода, представленному в характеристиках установки:

$$V = Q \times t,$$

где Q – расход воды, м³/с; t – время работы установки, с.

Для Weswen WTWT3:

$$V = 0,025 \times 7200 = 180 \text{ м}^3.$$

Для Weswen WTWT5:

$$V = 0,042 \times 7200 = 302,4 \text{ м}^3.$$

Для Weswen WRFWT5:

$$V = 0,082 \times 7200 = 590,4 \text{ м}^3.$$

Для Suneco GD-LZ-12-3KW:

$$V = 0,045 \times 7200 = 320 \text{ м}^3.$$

Для Suneco GD-LZ-20-5KW:

$$V = 0,151 \times 7200 = 1087,2 \text{ м}^3.$$

Выбор водонапорной башни

Исходя из полученных данных, необходимо подобрать водонапорную башню высотой от 10 м и объемом бака от 180 м³. Типовые проекты башен с такими характеристиками представлены в табл. 2.

Дальнейшие расчеты для примера будем проводить для типового проекта 901-5-41.87 и установки Weswen WTWT3.

Мини-ГЭС с турбиной Тюрго состоит из микро-гидротурбины и генератора, установленных на одном валу. Поток жидкости под напором и давлением подводится к входной трубе, где происходит преобразование потенциальной энергии в кинетическую с помощью диффузора с направляющей форсункой. Жидкость с высокой скоростью вытекает из сопла форсунки и приводит во вращение колесо Тюрго, а следовательно, и вал генератора (рис. 2).

Таблица 2

Типовые проекты водонапорных башен

Типовые проекты	901-5-23/70	901-5-41.87	901-5-41.87
Высота, м	12, 15, 18, 21, 24	24	30
Объем, м ³	200	200	200
Конструкция	Водонапорные бесшатровые кирпичные башни со стальным баком [5]	Бесшатровые водонапорные башни со стальными баками с применением стволотворов [6]	Бесшатровые водонапорные башни со стальными баками с применением стволотворов из унифицированных сборных железобетонных элементов [6]
Типовые проекты	901-5-43.87	901-5-44.87	901-5-47.90
Высота, м	30	36	36
Объем, м ³	300	300	500
Конструкция	Бесшатровые водонапорные башни со стальными баками с применением стволотворов из унифицированных сборных железобетонных элементов [7]	Бесшатровые водонапорные башни со стальными баками с применением стволотворов из унифицированных сборных железобетонных элементов [8]	Водонапорные башни со стальными баками и стволотворами из сборных железобетонных элементов [9]

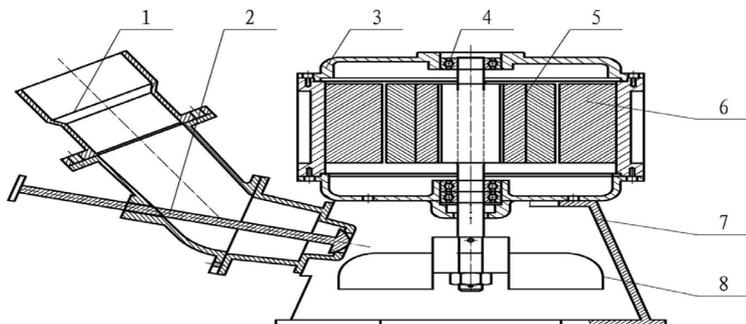


Рис. 2. Мини ГЭС Weswen WTWT3 [10]:

- 1 – входящая труба; 2 – регулировочный вентиль; 3 – крышка;
4 – подшипник; 5 – ротор; 6 – статор; 7 – основание; 8 – рабочее колесо

Сопоставив значения расхода воды, можно видеть, что при питании от башни проекта 901-5-41.87 установка Weswen WTWT3 способна обеспечить мощность 3 кВт на протяжении более двух часов.

Выбор насосной установки

В качестве насосной установки выбран насос КМ 150-125-250 производства «Ливгидромаш». Его характеристики представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики насосной установки

Подача (номин.), м ³ /ч	200
Напор, м	20
Давление на входе в насос, кг/см ² , не более	6
Мощность двигателя, кВт	18,5
Частота вращения, об/мин	1450

Выводы

Таким образом, представлен концепт установки мини-ГАЭС на основе существующих агрегатов. Основываясь на принципе ра-

боты ГАЭС как гравитационных накопителей энергии, расходующих недорогую (относительно пикового тарифа) электроэнергию для балансировки провала в энергопотреблении и генерирующих электроэнергию в часы максимального энергопотребления, важно отметить экономическую целесообразность их применения. Использование энергетических систем на основе гидроаккумулирующих электростанций в таких условиях позволяет существенно повысить эффективность использования других мощностей в энергосистеме, а также надёжность энергоснабжения. Локальное использование мини-ГАЭС потребителями с собственными мощностями генерации электроэнергии выгодно с точки зрения экономии топлива и ресурса генерирующего оборудования.

Итоговая схема установки показана на рис. 3.

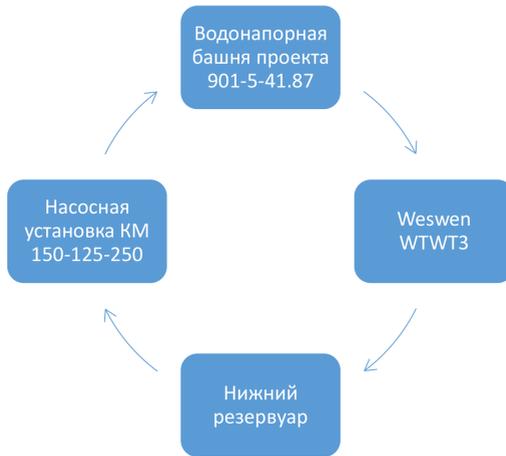


Рис. 3. Блок-схема установки

Литература

1. Индикаторы работы ЕЭС/ОЭС. Генерация и потребление (час). // АО Системный оператор единой энергетической системы. URL: https://www.so-ups.ru/index.php?id=ees_gen_consump_hour (дата обращения: 20.01.2021).

2. Бабурин Б. Л., Глезин М. Д. и др. Гидроаккумулирующие электростанции. М.: Энергия, 1978. 184 с.
3. Щавелев, Д. С. Гидроаккумулирующие установки: гидроэлектростанции, насосные станции и гидроаккумулирующие электростанции. Л.: Энергоиздат: Ленингр. отд-ние, 1981. 517 с.
4. СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 (с Изменениями № 1, 2). Официальное издание. М.: Минрегион России, 2012 (УТВЕРЖДЕН приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 620 и введен в действие с 01 января 2013 г).
5. Типовой проект 901-5-23/70 Бесшатровые водонапорные башни со стальными баками с применением стволов из унифицированных сборных железобетонных элементов. Башня с баком емкостью 200 куб. м высотой 24 м. М.: Минсельхоз СССР, 1967 (УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства от 29 апреля 1967 г.).
6. Типовой проект 901-5-41.87 Бесшатровые водонапорные башни со стальными баками с применением стволов из унифицированных сборных железобетонных элементов. Башня с баком емкостью 200 куб. м высотой 24 м. М.: Минсельхоз СССР, 1986 (УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства от 29 апреля 1986 г.).
7. Типовой проект 901-5-43.87 Унифицированные водонапорные стальные башни. М.: Минсельхоз СССР, 1986 (УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства от 29 апреля 1986 г.).
8. Типовой проект 901-5-44.87 Бесшатровые водонапорные башни со стальными баками с применением стволов из унифицированных сборных железобетонных элементов. М.: Минсельхоз СССР, 1986 (УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства от 29 апреля 1986 г.).
9. Типовой проект 901-5-47.90 Водонапорные башни со стальными баками и стволами из сборных железобетонных элементов. М.: Минсельхоз СССР, 1990 (УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства от 25 июля 1990 г.).
10. Микро ГЭС с турбиной Тюрго 3кВт // Компания WESWEN. URL: https://weswen.ru/hpp_turgo/turgo_3/ (дата обращения: 20.01.2021).

УДК 621.311.16

Ольга Леонидовна Шарякова,

канд. техн. наук, доцент

Марина Валерьевна Евстафьева,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: electro@spbgasu.ru,

evstafeyamv@mail.ru

Olga Leonidovna Sharyakova,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor

Marina Valerievna Evstafeyeva,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: electro@spbgasu.ru,

evstafeyamv@mail.ru

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

INTELLIGENT CHARGING STATIONS ADVANCED TECHNOLOGIES FOR ELECTRIC VEHICLES

В статье анализируются текущие многочисленные преобразования в электроэнергетическом секторе, которые приведут к созданию новой системы в будущем. Рассматриваются три ключевых аспекта безопасности электроснабжения: энергетический переход к возобновляемым источникам энергии и воздействие на климат; роль новых технологий и реагирования на спрос; электрификация других секторов. Традиционные электросети сталкиваются с проблемой эффективного управления растущим потреблением электроэнергии. С развитием технологий существующие электрические сети трансформируются в саморегулируемую интеллектуальную электросеть Smart Grid (SG), оснащенную средствами информации и связи. Сеть SG обеспечивает широкую интеграцию возобновляемых источников энергии, сглаживает их изменчивость и обеспечивает контролируруемую среду для координации процесса зарядки электромобилей.

Ключевые слова: зарядная станция, электрическое транспортное средство, энергобезопасность, возобновляемые источники энергии, Smart Grid.

The article analyzes the numerous ongoing transformations in the electricity sector, which will lead to the creation of a new system in the future. Three key aspects of security of electricity supply are considered: energy transition to rene-

wable energy sources and impact on climate; the role of new technologies and response to demand; electrification of other sectors. Traditional power grids are faced with the challenge of effectively managing growing electricity consumption. With the development of technology, existing electrical grids are being transformed into a self-regulating Smart Grid (SG) equipped with information and communication instruments. The SG network enables wide integration of renewable energy sources, smooths out their variability and provides a controlled environment for coordinating the charging process of electric vehicles.

Keywords: charging station, electric vehicle, energy security, renewable energy sources, smart home charging, Smart Grid.

Электроэнергия является неотъемлемой частью современной экономики. Вследствие глобального изменения климата, истощения запасов полезных ископаемых, роста потребления энергии от возобновляемых источников происходят фундаментальные изменения в энергетическом секторе.

Доля электроэнергии в конечном потреблении энергии будет неуклонно расти, увеличиваясь с 20 % на сегодняшний день до 24 % к 2040 году, согласно *IEA (International Energy Agency) World Energy Outlook* (рис. 1) [1]. Согласно прогнозу IEA, мировой спрос на электроэнергию будет расти на 2,1 % в год до 2040 года, что вдвое превышает темпы роста спроса на первичную энергию. Ожидается, что рост спроса на электроэнергию будет особенно высоким в развивающихся странах. По сценарию устойчивого развития (*Sustainable Development*) электроэнергия будет играть еще большую роль, достигая 31 % конечного потребления энергии и станет одним из немногих источников энергии, потребление которого будет расти в основном за счет увеличения объемов производства электромобилей. Доля электроэнергии в конечном потреблении, составляющая сегодня менее половины доли нефти, к 2040 году превысит потребление нефти.

Электромобили (*EV*) классифицируются как транспортные средства с экологически чистыми технологиями, которые по прогнозам в ближайшем будущем заменят автомобили с двигателями внутреннего сгорания.

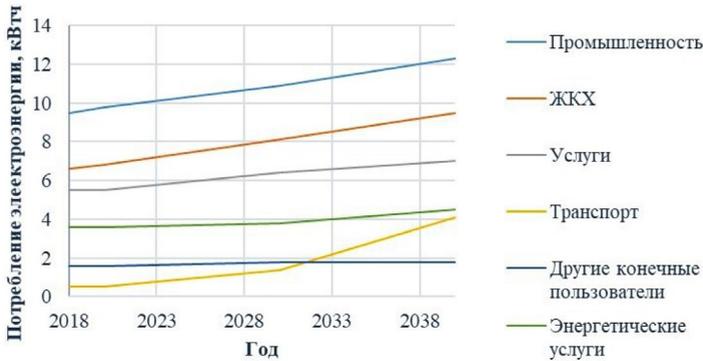


Рис. 1. Спрос на электроэнергию по сценарию устойчивого развития, 2018–2040 гг.

В странах ЕС активно продвигают электромобили с помощью своей внутренней политики, включая налоговые льготы и государственные субсидии. Стремительное распространение электромобилей сопровождается многочисленными проблемами в сфере энергетики, транспорта и промышленности. Зарядка электромобилей, выполняемая на общественных или индивидуальных (придомовых) зарядных станциях, требует разработки зарядных станций (платформ) и инфраструктуры для обслуживания электромобилей. Высокий уровень проникновения электромобилей в распределительную сеть приведет к большим капиталовложениям в технологии интеллектуальных сетей и, следовательно, операция зарядки электромобилей будет потреблять относительно большое количество электроэнергии из-за значительного размера времени зарядки батареи электромобилей. Одновременная и несогласованная зарядка парка электромобилей значительно увеличивает потребление электроэнергии, что вызывает множественные пики в энергосистеме, что приводит к перегрузке распределительной сети. Существует два возможных решения для управления растущим спросом на зарядку электромобилей без ущерба для эксплуатационных характеристик сети. Во-первых, контроль со стороны операторов сети,

закрывающийся в управлении генерируемой мощностью системы для удовлетворения пикового спроса, вызванного одновременной зарядкой множества электромобилей. Это дорогостоящий подход, который требует глубокой модернизации сетевой инфраструктуры. Во-вторых, контроль со стороны спроса, который является альтернативным решением для управления спросом на зарядку электромобилей, скрытым в программе реагирования на спрос. Это относится к действиям, предпринимаемым сетевыми операторами и потребителями при динамическом ценообразовании [2]. С точки зрения сетевых операторов зарядка электромобилей является типичным объектом управления и может быть эффективно реализована за счет динамического ценообразования на электроэнергию для зарядки электромобилей. Интенсивность и выбор времени суток для зарядки электромобилей может регулироваться с помощью рациональной политики ценообразования на электроэнергию.

Различные атрибуты *Smart Grid* на разных уровнях электроэнергетической сети обобщены в табл. 1.

Таблица 1

Технология Smart Grid

Атрибуты Smart Grid							
Производство электроэнергии		Дистрибуция				Передача энергии	
Возобновляемые источники энергии	Микро-сети	Зарядка/ разрядка EV	Развитая инфраструктура с учетом электропотребления	Управление пиковыми нагрузками	Управление качеством электроэнергии	Внедрение возобновляемой электроэнергии	Размещение устройств управления и распределения электропитания

Технология *Smart Grid* устанавливает эффективную и устойчивую энергетическую систему, позволяющую эффективно регулировать потребление электроэнергии индивидуальными потребителями для оптимизации работы сети. Интеллектуальная сеть имеет в своем составе комплексные средства зарядки/разряда, включая развитую инфраструктуру измерения, которая позволяет осуществлять двунаправленную связь между потребителями электроэнергии и агрегатором, промежуточным субъектом, который управляет связью и распределением электроэнергии между группой потребителей электроэнергии (владельцы электромобилей) и оператором сети. Агрегатор координирует и планирует зарядку электромобиля, чтобы минимизировать общую стоимость зарядки, и распределяет зарядную нагрузку для выравнивания непиковой нагрузки, возникающей в электросети.

Зарядку электромобилей можно производить на общественных зарядных станциях, расположенных в торговых центрах, ресторанах, на рабочих местах или посредством индивидуальной придомовой станции. В соответствии со стандартами ЕС и США существует три различных режима зарядки электромобилей (табл. 2).

Два режима, а именно режим 1 и режим 2, предназначены для зарядки переменным током (AC), а режим 3 – для зарядки постоянным током (DC) [3]. Для зарядки электромобиля от индивидуальной придомовой станции используется режим 1, также называемый уровнем зарядки 1 от сети переменного тока. Такая станция работает при напряжении 120 В переменного тока. Это недорогая установка для зарядки, но она требует длительного времени зарядки, 12–16 часов для достижения 100 % зарядки (*State of Charge (SOC)*) аккумуляторной батареи. Общественные зарядные станции используют режим 2 и предлагают относительно высокую скорость зарядки. Однако развитие инфраструктуры и зарядных станций режима 2 требует больших затрат. В дополнение к зарядным устройствам переменного тока для заряда электромобилей также имеются устройства для зарядки постоянным током в режиме 3. Режим 3 – это быстрая зарядка постоянным током, которая

выполняется с помощью внешнего блока питания, который имеет номинальную мощность 80–200 кВт и может заряжать электромобили за время не более 30 минут, при этом значительно влияет на максимальную нагрузку на коммунальное предприятие и включает в себя самые высокие затраты на установку.

Развитие инфраструктуры зарядных станций посредством интеллектуальных *Smart Grid* сетей призвано решить следующие задачи:

- минимизация оплаты электроэнергии, полученной из сети при заряде [4];
- минимизация потерь мощности [5];
- поддержание стабильности напряжения в сети [6];
- снижение пиковой нагрузки [7];
- сокращение очередей на зарядных станциях [8];
- оптимизация маршрута движения электромобиля с учетом имеющихся на реальном маршруте зарядных станций [9];
- уменьшение перегрузки сети [10, 11].

Одной из основных проблем, с которыми постоянно сталкиваются операторы электрических сетей является перегрузка трансформаторных подстанций и распределительных линий при неконтролируемой зарядке электромобилей. [4, 7, 12, 13–15]. Простейший алгоритм предотвращения перегрузки сетей – это ограничения максимальной нагрузки. Неконтролируемая зарядка электромобилей оказывает разрушительное влияние на стабильную работу электрических сети. Обычно дефицит энергии необходимой для зарядки электромобилей покрывается смещением цикла заряда с максимумом потребления энергии на непиковые периоды. Однако существует вероятность того, что большое количество электромобилей может одновременно получить несогласованный доступ к сети, что приведет к увеличению пиковых значений. Поэтому планирование цикла зарядки электромобилей в реальном времени и разработка надежных методов оптимизации является важной задачей. Существует ряд факторов, которые влияют на вычислительную производительность задачи планирования зарядки электромобилей, таких как случайное прибытие и отправление электромобилей, потребность в зарядке электромобилей, масштабируемость и т. д.

Таблица 2

Характеристики режимов заряда

Режимы заряда	Характеристики							Преимущества	Недостатки
	Сеть	Напряжение сети	Ток сети	Мощность сети	Количество фаз	Период заряда, ч			
Европа, США									
1	Домашняя	120 В AC	12–16 А	1,4–1,9 кВт	Однофазный	6–10	Низкая стоимость; низкая энергоэффективность	Низкая скорость зарядки	
2	Домашняя, публичная	240 В AC	80 А	19,2 кВт	Однофазный/трехфазный	1–3	Высокая скорость зарядки; энергоэффективность	Высокая стоимость	
3	Публичная	480 В DC	80–200 А	20–120 кВт	Трехфазный	0,5	Очень высокая скорость зарядки; высокая энергоэффективность	Высокая стоимость	

Для повышения эффективности сети и снижения расходов владельцев транспортных средств необходим оптимизированный график зарядки электромобилей. Задача планирования зарядки электромобилей включает:

- минимизацию потерь мощности в сети;
- минимизацию затрат на электроэнергию;
- минимизацию нарушения напряжения;
- распределение имеющихся в распоряжении агрегатора мощностей;
- минимизацию перегрузок.

Существует множество математических методов оптимизации и их комбинаций, используемых для достижения оптимизации процесса зарядки электромобилей. Наиболее распространенными методами оптимизации инфраструктуры и процесса заряда электромобилей являются следующие.

Метод выпуклой оптимизации. Метод выпуклой оптимизации аналогичен методу наименьших квадратов или линейному программированию. Снижение пиковой нагрузки и минимизация затрат на электроэнергию достигается с помощью выпуклой оптимизации в онлайн, в режиме реального времени *Real Time Pricing (RTP)* на основе методов статистического моделирования условного случайного поля *Conditional Random Fields (CRF)* [16].

Для решения нелинейных невыпуклых пространств решений используются эвристические, интеллектуальные методы. В исследовании [17] использовался эвристический подход, называемый алгоритмом поиска по графу, который позволяет клиентам выбирать тарифы и требует незначительных вычислительных мощностей.

Метод оптимизации *Particle Swart Optimization*. Оптимизация роя частиц (*PSO*), основана на получившем распространение стохастическом методе, основанном на поведении стаи рыб или птиц, в котором глобальное решение поставленной задачи находится последовательно, начиная со случайной совокупности решений, пока не будет найдено окончательное решение. [15, 18, 19–23]. В поисках оптимального решения *PSO* постепенно приближается к своей

конечной цели, таким образом процесс поиска оптимального решения проходит итеративно. Координированная агрегированная оптимизация роя частиц (*CAPSO*) используется для оптимальной зарядки электромобиля в соответствии с политикой ценообразования и сложившейся в сети ситуацией, помогает свести к минимуму нежелательные пики потребляемой мощности независимо от состояния заряда (*SOC*) [15]. Нечеткий генетический алгоритм (*FGA*) и нечеткая оптимизация, роя дискретных частиц (*FDPSO*) помогают увеличить прибыль от имеющейся инфраструктуры обслуживания потребности в текущей зарядке транспортных средств [22, 23], при этом метод демонстрирует лучшую производительность для оптимального распределения мощности зарядки электромобилей на рассматриваемом полигоне.

Быстрорастущая нагрузка от электромобилей увеличивает пики спроса на электроэнергию в энергосистемах, которые необходимо минимизировать. Если зарядка электромобилей выполняется в часы пик, то это может ухудшить общее состояние электросети. Следовательно, пиковая нагрузка должна быть минимизирована, чтобы производительность сети поддерживалась на гарантированном уровне независимо от зарядки электромобилей. Согласование циклов зарядки электромобилей с циклами потребления энергии в сети играет важную роль в снижении пиковой нагрузки. В работе [12] авторы предложили механизм минимизации нагрузки на сеть, введя предпочтительные временные интервалы зарядки, с учётом политики ценообразования на электроэнергию. Исследование [24] посвящено разработке метода минимизации пиковой нагрузки на энергосистему с использованием динамического ценового вектора *RTP* на основе алгоритма кластеризации. Использование предложенного метода позволяет снизить пиковые нагрузки и затраты на электроэнергию.

В работе [25] авторы рассмотрели инфраструктуру нескольких микросетей для задачи планирования зарядки электромобилей.

В исследовании [26] предлагается стратегия интеллектуальной зарядки, основанная на одновременном решении нескольких

задачах, в которой профили мощности и напряжения сети оптимизированы для согласованного графика режимов работы зарядных станций. В соответствии с предложенной стратегией был разработан прототип зарядной станции, в котором учтены приоритеты реальных владельцев электромобилей.

В работе [19] авторы предложили скоординированный график зарядки электромобилей, отдав предпочтение простоте управления циклом заряда электромобиля для получения желаемого уровня *SOC* на время начала поездки. Нежелательные последствия случайной зарядки электромобилей, такие как низкое качество напряжения и большие потери мощности, уменьшаются за счет разработки и внедрения онлайн-графика зарядки электромобилей с коррекцией во время прохождения реального маршрута движения и учетом имеющихся на маршруте зарядных станций.

Операторы электрических цепей в странах Евросоюза и США выражают обеспокоенность колебаниями напряжения и перегрузкой систем энергоснабжения из-за растущей нагрузки обусловленной развитием инфраструктуры зарядных станций без какого-либо контролирующего механизма. Несогласованная практика зарядки электромобилей может значительно нарушить профиль напряжения в системе, вследствие чего потребители, питающиеся от сети, сталкиваются с проблемами качества электроэнергии [27]. В связи с этим были разработаны и постоянно совершенствуются стратегии оптимальной зарядки электромобилей с учетом требований к напряжению в системе как ключевого параметра.

Литература

1. World Energy Outlook 2019 [Электронный ресурс] // World Energy Outlook 2019 : [сайт]. [2019]. URL: <http://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019/electricity> (дата обращения 01.03.2021).
2. Siano P. Demand response and smart grids / P. Siano // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – Vol. 30. – P. 461–478.
3. Low-Carbon Cars in Europe: A Socio-Economic Assessment 2018 [Электронный ресурс] // Cambridge Econometrics: [сайт]. [2018]. URL: <http://www>.

camecon.com/wp-content/uploads/2018/02/Fuelling-Europes-Future-2018-v1.0.pdf (дата обращения: 01.03.2021).

4. Crow M. Cost-constrained dynamic optimal electric vehicle charging / M. Crow // IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2016. – Vol. 8. – P. 716–724.

5. Binetti G. Scalable real-time electric vehicles charging with discrete charging rates / G. Binetti, A. Davoudi, D. Naso, B. Turchiano, F. L. Lewis // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2015. – Vol. 6. – P. 2211–2220.

6. Chen J. An optimal regional time-of-use charging price model for electric vehicles / J. Chen, J. Yang, J. Zhu, X. Li, S. Zeng, Y. Li, X. Wang, Y. Tang // Proceedings of the 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting. – 2017. – P. 1–5.

7. Bitencourt L.d.A. Optimal EV charging and discharging control considering dynamic pricing / L. d. A. Bitencourt, B. S. Borba, R. S. Maciel, M. Z. Fortes, V. H. Ferreira // Proceedings of the 2017 IEEE Manchester PowerTech. – 2017. – P. 1–6.

8. Xu P. Dynamic pricing at electric vehicle charging stations for Queuing delay reduction / P. Xu, J. Li, X. Sun, W. Zheng, H. Liu // Proceedings of the 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS) – 2017. – P. 2565–2566.

9. Yang, H. Electric vehicle route optimization considering time-of-use electricity price by learnable partheno-genetic algorithm / H. Yang, S. Yang, Y. Xu, E. Cao, M. Lai, Z. Dong // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2015. – Vol. 6. – P. 657–666.

10. Soares J. Dynamic electricity pricing for electric vehicles using stochastic programming / J. Soares, M.A.F. Ghazvini, N. Borges, Z. Vale // Energy. – 2017. – Vol. 122. – P. 111–127.

11. Korolko N. Robust optimization of EV charging schedules in unregulated electricity markets / N. Korolko, Z. Sahinoglu // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2015. – Vol. 8. – P. 149–157.

12. Deilami S. Real-time coordination of plug-in electric vehicle charging in smart grids to minimize power losses and improve voltage profile / S. Deilami, A. S. Masoum, P.S. Moses, M.A. Masoum // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2011. – Vol. 2 – P. 456–467.

13. Binetti G. Scalable real-time electric vehicles charging with discrete charging rates / G. Binetti, A. Davoudi, D. Naso, B. Turchiano, F. L. Lewis // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2015. – Vol. 6. – P. 2211–2220.

14. Dubey A. Electric vehicle charging on residential distribution systems: Impacts and mitigations / A. Dubey, S. Santoso // IEEE Access. – 2015. – Vol. 3. – P. 1871–1893.

15. Hajforoosh S. Online optimal variable charge-rate coordination of plug-in electric vehicles to maximize customer satisfaction and improve grid performance / S. Hajforoosh, M.A. Masoum, S.M. Islam // Electric Power Systems Research. – 2016. – Vol. 141. – P. 407–420.

16. Soltani N. Y. Real-time load elasticity tracking and pricing for electric vehicle charging / N. Y. Soltani, S.-J. Kim, G. B. Giannakis // *IEEE Transactions on Smart Grid*. – 2014. – Vol. 6. – P. 1303–1313.
17. Mierau M. A distributed approach to the integration of electric vehicles into future smart grids / M. Mierau, R. Kohrs, C. Wittwer // *Proceedings of the 2012 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe)*. – 2012. – P. 1–7.
18. Yin Y. Dynamic decision model of critical peak pricing considering electric vehicles' charging load / Y. Yin, M. Zhou, G. Li // *Proceedings of the International Conference on Renewable Power Generation (RPG 2015)*. – 2015.
19. Moon S.-K. Balanced charging strategies for electric vehicles on power systems / S.-K. Moon, J.-O. Kim // *Applied Energy*. – 2017. – Vol. 189. – P. 44–54.
20. Joo H. Ant Colony Optimized Routing Strategy for Electric Vehicles / H. Joo, Y. Lim // *Journal of Advanced Transportation* 2018. – 2018. – P. 1–9.
21. Xu W. Dynamic optimization of charging strategies for EV parking lot under real-time pricing / W. Xu, W. Shao, Z. Ma, Z. Xu, N. Wang // *Proceedings of the 2016 35th Chinese Control Conference (CCC)*. – 2016. – P. 2703–2709.
22. Hajforoosh S. Real-time charging coordination of plug-in electric vehicles based on hybrid fuzzy discrete particle swarm optimization / S. Hajforoosh, M. A. Masoum, S.M. Islam // *Electric Power Systems Research*. – 2015. – Vol. 128. – P. 19–29.
23. Savari G. F. Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Micro Grids Using Priority Algorithms and Particle Swarm Optimization / G. F. Savari, V. Krishnasamy, V. Sugavanam, K. Vakesan // *Mobile Networks Applications*. – 2019. – Vol. 24. – P. 1835–1847.
24. Chen Q. Dynamic price vector formation model-based automatic demand response strategy for PV-assisted EV charging stations / Q. Chen, F. Wang, B.-M. Hodge, J. Zhang, Z. Li, M. Shafie-Khah, J.P.S. Catalao // *IEEE Transactions on Smart Grid*. – 2017. – Vol. 8. – P. 2903–2915.
25. Misra S. D2P: Distributed dynamic pricing policy in smart grid for PHEVs management / S. Misra, S. Bera, T. Ojha // *IEEE Transactions on Parallel Distributed Systems*. – 2014. – Vol. 26. – P. 702–712.
26. Masoum A. S. Smart load management of plug-in electric vehicles in distribution and residential networks with charging stations for peak shaving and loss minimisation considering voltage regulation / A.S. Masoum, S. Deilami, P.S. Moses, M.A. Masoum, A. Abu-Siada // *IET Generation, Transmission & Distribution*. – 2011. – Vol. 5. – P. 877–888.
27. Tareen W. U. K. Three-phase Transformerless Shunt Active Power Filter with Reduced Switch Count for Harmonic Compensation in Grid-Connected Applications / W. U. K. Tareen, S. Mekhilef // *IEEE Transactions on Power Electronics*. – 2018. – Vol. 33. – P. 4868–4881.28.

СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

УДК 528.4

Рамик Рафикович Агаханов,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: ramik-11@mail.ru

Ramik Rafikovich Agakhanov,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: ramik-11@mail.ru

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ

EXPERIENCE IN ORGANIZING LOCAL SELF-GOVERNMENT

Основной целью статьи является изучение исторического опыта организации местного самоуправления на территории Санкт-Петербурга в XIX–XX веках. Исследуется этот аспект для понимания того, как должно производиться местное самоуправление, так как согласно ФЗ № 131 организация местного самоуправления должно производиться, опираясь на исторические и культурные факторы. В статье рассмотрена история «перекройки» границ между административно-территориальными единицами и их самих.

А также приведены данные о неоднократном изменении границ. Где-то расширение границ, где-то упразднение. Изучены закономерные процессы территориального образования, как государства, так и других объектов землеустройства, таких как уезды, слободы и полицейские части.

Подтверждена показательность исторического опыта, касаясь того, что землеустройство в руках государства является орудием, с помощью которого господствующие классы регулируют земельные отношения. Землеустройство, как механизм территориальных преобразований подкрепляется государственными правовыми, экономическими и организационными мерами. Изучен определенный исторический этап развития административно-территориальной организации и землеустройства Санкт-Петербурга соответственно.

Ключевые слова: муниципальное образование, местное самоуправление, территориальное деление, земля, граница, слобода, губерния.

The main purpose of the article is to study the historical experience of the organization of local self-government in the territory of St. Petersburg in the XIX–

XX centuries. This aspect is studied in order to understand how local self-government should be carried out, since according to Federal Law No. 131, the organization of local self-government should be based on historical and cultural factors. The article examines the history of the «redrawing» of the borders between administrative-territorial units and themselves.

And also data on repeated changes of borders are given. Somewhere the expansion of borders, somewhere the abolition. The article studies the natural processes of territorial formation, both of the state and of other land management objects, such as counties, settlements and police units.

The evidence of historical experience is confirmed, with regard to the fact that land management in the hands of the state is an instrument with which the ruling classes regulate land relations. Land management as a mechanism of territorial transformation is supported by state legal, economic and organizational measures. A certain historical stage of the development of the administrative-territorial organization and land management of St. Petersburg, respectively, is studied.

Keywords: municipality, local government, territorial division, land, border, settlement, province.

Обзор административно-территориальной организации Санкт-Петербурга и губернии в XIX- начале XX века

Местность, в которой находится Ленинградская область и город Санкт-Петербург является обжитой еще с давних времен. Научным подтверждением этого являются изыскания представителей таких разных наук, как: градостроительство, землеустройство, история, археология. Эти изыскания дают возможность наглядного понимания того, что эта местность была заселена и обжита различными народами.

После захвата свободного города Новгород московский истребились начал по- своему, исходя из феодальной системы распорядиться данной территорией, нежели новгородцы. Даже этот пример показывает на сколько разнилось управление земельными ресурсами на территории Санкт-Петербурга и предместий [1].

После завоевания шведами приневья, народы, населявшие эту территорию, были выселены и завезены новые народы, а именно люди из Скандинавии. У германоязычных народов своя система землеустройства, налогообложения и прав собственности, которая значительно отличалась от имевшейся ранее здесь. Эта систе-

ма и сегодня сохранилась в Германии, Швеции, Дании и Норвегии. После отвоевания территории шведы продолжали жить на этих землях, а значит складывалась ситуация, когда нужно было комбинировать подходы управления земельными ресурсами. Император Петр Алексеевич получил от шведов много полезных и прикладных знаний, которые он приобретал, находясь в шведской слободе, которая была сохранена новой администрацией [2]. Все это является следствием изменения границ в ходе политических преобразований.

Причиной множества реформ, касаемых земли является постоянный переход территории от одной страны к другой, а также смены политического вектора в целом. Это обусловлено выгодным расположением между Ладожским озером и Финским заливом.

Земля стала причиной изменения социальной, экономической и культурной политики в регионе.

1837–1900 гг.

Согласно высочайшему указу от 1848 года Петергоф становится столицей уезда Ораниенбаум, в последствие уезд был переименован и стал называться Петергофский [2].

В ходе комплекса землеустроительных работ проводимых относительно границ городской черты и полицейских частей, которые проводилось по Указу от 5 мая 1858 года, Выборгская полицейская часть расширилась за счет Охтинской полицейской части [2].

Завод в Сестрорецке, начальником которого был знаменитый Мосин Сергей Иванович 01.02.1864 г. с землей отчуждается от Финского княжества в пользу Санкт-Петербургской губернии. Данная операция была проведена по договоренности. Финляндии возмещалась сумма равная потерям или же тождественный удел земли [2].

20.03.1873 город Санкт-Петербург приобретает особый статус (этот статус назывался градоначальством), и губерния более не может решать вопросы города Санкт-Петербурга. В 1878 году Колпино становится посадским населенным пунктом. В губернию

входят уезды: Петергоф, Гдов, Санкт-Петербург, Ораниенбаум, Павловск, Царское село. Через 5 лет Санкт-Петербургу возвращают градоначальство.

1901–1916 гг.

23.06.1912 Колпино уже становится городом по соответствующему указу [4]. В августе 1914 года решением последнего Императора Николая II Санкт-Петербург переименовывают в Петроград соответственно губерния стала называться подобно столице Петроградской. В этот промежуток времени Гдовский, Царско-сельский, Петербургский, Шлиссельбургский, Новолодожский и Ямбургский уезды приобретают свой статус.

Согласно высочайшему указу из Шлиссельбургской территории весной 1903 года создан Александровский участок размером сорок четыре тысячи пятьсот километров квадратных. Таким образом предместья тоже затронули преобразования.

В эти периоды статус территориальных единиц менялся часто, так как еще не существовало цельной и монолитной политики в части управления земельными ресурсами. Уезд мог потерять свой статус и стать частью другой территориальной единицы, позже мог снова приобрести статус уезда.

Не является секретом, что с приходом Романова Петра Алексеевича к власти реформами были затронуты практически все сферы, в том числе менялась и дорабатывалась земельная политика. С присоединением новых территорий происходила реорганизация прежних земель с целью интеграции новых территорий в единую земельную систему государства. Во многом с этими процессами и связаны многие изменения даже такие, как административные хоронимы.

В связи с начатыми земельными реформами появлялось достаточное количество нормативно-правовых актов, целью которых было разделение территории приневья на полицейские части, кварталы, уезды и т. д. Эти мероприятия проводились с целью повышения эффективности управления земельными ресурсами при

помощи построения грамотно выверенной административно-территориальной конструкции.

Для построения качественной землеустроительной модели в течение всего времени проводились градостроительные, земельные и даже топонимические реформы. Этот период смело можно назвать периодом территориальных потрясений.

В свою очередь частям, уездам, позже райсоветам и районам присваивали различные статусы, например город, поселение, слобода и так далее. Эти статусы предполагали иной подход к управлению на местах. Разграничивались полномочия между государством и населением.

Политические верхи осознавали значимость земли, как база жизнедеятельности человека и народа в целом. Для этого проводились топографические и землеустроительные работы. Итогом этих работ были: исполнение фискальных обязательств; получение информационной базы для более корректного распределения ресурса; создание карт и планов территории Санкт-Петербурга.

Литература

1. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: федер. Закон от 06 окт. 2003 г. № 131-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/ (дата обращения: 28.11.20)
2. Семенов С. В., Скогорева Е. В., Акулова Н. А. Административно-территориальное деление Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургской губернии XVIII-начала XX в. Учебное пособие. СПбГАСУ, 2015. 170 с.
3. Исляев Р. А. Административно-территориальное устройство Российской империи: Текст лекций. СПбГИЭУ, 2003. 45 с.
4. Известия Петроградского Совета рабочих и красноармейских депутатов. URL: <https://vivaldi.nlr.ru/pn000206338/view#page=> (Дата обращения: 28.11.2020).

УДК 528.4

Никита Вячеславович Блинчиков,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nikita.blin4ikov@yandex.ru

Nikita Vyacheslavovich Blinchikov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nikita.blin4ikov@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ АПАРТАМЕНТОВ НА РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

THE INFLUENCE OF APARTMENTS ON THE DEVELOPMENT OF THE MODERN CITY

Цель данной статьи – понять, как строительство в городах комплексов апартментов отразится на их развитии. В статье рассмотрены проблемы, связанные с юридическим статусом данных комплексов. Поднят вопрос их преимуществ и недостатков, как для застройщиков, так и для покупателей. Новизна исследования заключается в том, что автор предлагает, как узаконить апартменты и учитывать их появление при будущем планировании города и городской среды, а также приводит доказательство что апартменты это может быть выгодно городу. В результате автор считает, что апартментам необходимо придать новый статус, нежилой недвижимости с возможностью постоянного проживания.

Ключевые слова: апартменты, недвижимость, город, налог, юридический статус.

The purpose of this article is to understand how the construction of apartment complexes in cities will affect their development. The article deals with the problems associated with the legal status of these complexes. The question of their advantages and disadvantages, both for developers and for buyers, is raised. The novelty of the research lies in the fact that the author suggests how to legalize apartments and take into account their appearance in the future planning of the city and the urban environment, and also provides evidence that apartments can be beneficial to the city. As a result, the author believes that the apartments should be given a new status, non-residential real estate with the possibility of permanent residence.

Keywords: apartments, real estate, city, tax, legal status.

Влияние апарт-отелей на развитие современного города.

Как «новый» вид недвижимости отразится на развитии современных мегаполисов если не будут приняты какие-то новые нормативные акты.

«Новый» в кавычках, потому что, новым его трудно назвать, ведь первые подобные комплексы появились еще более 20 лет назад, но для законодательства он все-таки новый.

Для начала надо разобраться что-то такое апарт-отели, апарт-отели и т. д.

Если смотреть в современное законодательство, то такого понятия вообще не существует. В Госдуме на рассмотрении лежит один проект законопроекта, который предполагает введение понятия апарт-отелей и приравнивание их к жилой недвижимости, однако он так до сих пор и не принят. На данный же момент, апарт-отели – это просто нежилое помещение, каковым и было 20 лет назад.

Если обратиться к истории, то апарт-отели очень схожи с доходными домами. Ведь в доходном доме, комнаты сдавались в наем, жильцам предоставлялся определенный набор услуг, не выходя из здания (прачечная, почтовая служба, таверна и т. д.)

Нынешние апарт-отели можно глобально разделить на два типа: сервисные и не сервисные.

Не сервисные апарт-отели имеют большую схожесть с обычной квартирой чем с номером в гостинице. По своей сути это такая же обычная квартира, внешне в обычном доме, но только юридически зарегистрирована как нежилое помещение.

Сервисные апарт-отели – это комплексы, которые помимо самого проживания предоставляют некий набор услуг. Их можно поделить на две группы: комплексы для постоянного проживания (как в не сервисных), так и для инвестиций (для сдачи в аренду).

Данная классификация, не зафиксированная в каких-либо законодательных актах, а применяется в профессиональной литературе.

Почему же девелоперы строят апарт-отели?

Причин для этого много вот лишь одни из них: требования при строительстве нежилых зданий меньше чем для жилых, нет нужды строить социальную инфраструктуру, ведь государство же не думает что кто-то будет жить в нежилом помещении постоянно, отсутствие площадок пригодных для строительства жилых объектов (вариантов может быть множество: это может быть бывшая производственная территория в центре города, земли рекреационного назначения где можно построить по документам только гостинцы или санатории).

По большому счету все эти причины позволяют застройщику существенно снизить себестоимость строительства, подняв себе прибыль, и уменьшив итоговую стоимость для конечного покупателя.

Однако это плюсы для девелоперов, а есть ли плюсы для будущего собственника.

Безусловно есть, и вне зависимости от типа апартаментов, главным преимуществом их перед квартирой будет стоимость, по данным аналитических агентств средняя цена на юниты в апарт отелях ниже на 5–30 % от аналогичного предложения в жилом доме.

На этом плюсы не заканчиваются: так как апартаменты – это не жилое помещение, то и перепланировку можно в нем делать спокойно, переносить мокрые зоны не зависимо от их изначального расположение, делать «жилые» комнаты без окон, объединять лоджии с основным помещением и т.д.

Так же при выборе сервисных апартаментов для постоянного проживания, в комплекте с юнитом собственнику будет доступен большой спектр услуг, будь то консьерж сервис, «room» сервис, портье и многие другие услуги, которые мы привыкли видеть в отелях.

В случае выбора сервисных апартаментов для сдачи в аренду, плюсом будет наличие профессиональной управляющей компании, которая возьмет на себя за вознаграждение работу по сдаче и обслуживанию вашего номера в аренду.

При всех своих плюсах, у апарт отелей есть и свои минусы для потребителей.

Для начала эти минусы вытекают из преимуществ для девелоперов: так как нормы при строительстве ниже, то и качество строительных работ может быть на довольно низком уровне, у пользователей как минимум могут возникнуть большие тепло потери, следовательно, большие счета за отопление. Из-за отсутствия обязательной социальной инфраструктуры будущим жильцам придется ломать голову над тем куда отвести маленького ребенка в садик, или где посетить бесплатного врача.

Преимущество перепланировки можно отнести и к минусам, например, когда Ваш сосед сверху будет затопливать Вашу спальню, потому что его санузел находится над Вашей кроватью. Из-за высокого набора дополнительных услуг и тарифа как для коммерческой недвижимости жильцам приходят и большие счета за коммунальные услуги. Так же налоги, собственникам юнитов в здании придется платить налог за земельный участок, на котором стоит здание и за все места общего пользования (собственники квартир в многоквартирных домах на основании Налогового Кодекса Российской Федерации освобождены от этой платы).

Но главный минус апартamentos – это их юридический статус, а точнее его отсутствие.

Из-за этого у собственника нет возможности получить постоянную прописку, можно оформить только временную. При покупке в строящемся комплексе собственник не защищен 214 ФЗ так же, как при покупке квартиры в жилом доме.

Так же отсутствие статуса жилой недвижимости позволяет не строить социальную инфраструктуру, а так как апартamentos чаще всего строят в уже сложившейся застройке, то идет увеличенная нагрузка на объекты инфраструктуры, которая уже есть. А так как они стоят на земле не предназначенной для строительства жилья то и городские власти при проектировании генеральных планов и разработке стратегий развития города не учитывают то, что здесь будут жить люди. И не проектируют новых школ, детских садов, больниц и т. д.

Это и есть главная проблема влияния апарт-отелей на развитие городской среды в будущем. Город не может определить, как будет развиваться та или иная территория в современных реалиях. Ведь на одном и том же участке могут быть построены бизнес-центр с производством, или же апарт-отель, где будут постоянно жить люди. Если в первом случае людям нужен будет способ добраться до работы утром и уехать оттуда вечером, а днем быстро перекусить в столовой или кофейне, то во втором случае надо предусмотреть такую сеть общественного транспорта, которую увезет жителей из этого района утром, а привезет днем, вечером жители апарт-отеля должны иметь возможность сходить в ресторан, спортивный зал, отвезти детей в различные секции, а выходные выйти за прогулками в ближайший молл. Естественно наличие школ, детских садов и, хотя бы кабинетов врачей общей практики должно быть заранее запланировано в случае строительства в районе апарт-отеля, либо произведена реконструкция с увеличением числа мест текущих.

Почему апарт-отели могут быть выгодны для города?

Город может заработать на налогах, взимаемых с земельного участка и с мест общего пользования. Ставки по таким налогам определяются субъектами РФ. В Санкт-Петербурге к таким законам относятся: Закон Санкт-Петербурга от 26.11.2014 № 643-109 О налоге на имущество физических лиц в Санкт-Петербурге, Закон Санкт-Петербурга от 23.11.2012 № 617-105 О земельном налоге в Санкт-Петербурге.

Апарт-отели относятся к прочим объектам налогообложения и их ставка будет составлять в большинстве случаев: «прочих объектов налогообложения – в размере 0,1 процента от кадастровой стоимости объекта налогообложения.» [1]. Земельный участок под ними облагается в соответствии со следующими условиями: «1,5 процента от кадастровой стоимости земельного участка в отношении прочих земельных участков.» [2].

Если посчитать на примере нескольких таких комплексов сколько город получает с них налоговых отчислений. Так апарт-

отель «VERTICAL» находится на участке с кадастровой стоимостью 76 952 288,47 рублей, налог за данный участок составляет: $76\,952\,288,47 \times 1,5\% = 1\,154\,284$ рублей и это за участок 16 соток. Либо же апартамент-отель «YES Марата» находится на участке с кадастровой стоимостью 85 692 421,67 рублей, налог за данный участок составляет: $85\,692\,421,67 \times 1,5 = 1\,285\,386$ рублей. То есть только с двух комплексов город получил бы 2,5 млн рублей, да кажется, что эта сумма не велика, но если учесть что сейчас в городе стоит почти 100 таких объектов, и в будущем эта цифра будет увеличиваться и еще сюда надо прибавить налог на помещения которые принадлежат всем собственникам в равной мере, городу это может оказаться довольно выгодно.

Как мне кажется, апартаментам надо дать статус чего-то среднего между жилой и коммерческой недвижимостью, что бы они не лишились тех достоинств что в них есть сейчас, но при этом избавились от недостатков. Для этого необходимо принять нормативно правовой акт, в котором будет сформулировано определение апартаментам, дана классификация по типу той, что приведена в начале этой статьи, прописаны минимальные нормы по наличию объектов обязательной инфраструктуры, благоустройству, парковкам. В Налоговом кодексе, а также в соответствующих нормативно правовых актах субъектов РФ должна быть внесена поправка по ставке налога на данную недвижимость, земельный участок под ней, а также за места общего пользования (сейчас собственники апартаментов платя налоги за сам юнит, долю в общедолевой собственности мест общего пользования, и долю в общедолевой собственности земельного участка). При проектировании девелопер должен учитывать тип будущего его комплекса и в случае если он будет предназначен все же для постоянного проживания, то оценивать состояние социальной инфраструктуры и при необходимости ее строить.

При появлении таких правок в законодательстве, апартаменты не станут препятствием для развития мегаполиса.

Литература

1. Закон Санкт-Петербурга «О налоге на имущество физических лиц в Санкт-Петербурге (с изменениями на 29 ноября 2019 года)» от 26.11.2014 № 643-109. URL: <http://docs.cntd.ru/document/537964897> (дата обращения: 04.03.21)

2. Закон Санкт-Петербурга «О земельном налоге в Санкт-Петербурге (с изменениями на 29 июля 2020 года)» от 14.11.2014 № 617-105. URL: <http://docs.cntd.ru/document/537926816> (дата обращения: 04.03.21)3.

УДК 69.003

Наталья Викторовна Шаповалова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: natalie.rheon@gmail.com

Natalia Viktorovna Shapovalova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: natalie.rheon@gmail.com

АНАЛИЗ РЫНКА ЖИЛОЙ ЭЛИТНОЙ НЕДВИЖИМОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

ANALYSIS OF THE RESIDENTIAL ELITE REAL ESTATE MARKET IN ST. PETERSBURG

В статье приведен анализ предложения, спроса и средней цены рынка жилой элитной недвижимости Санкт-Петербурга. На основе собранной и обработанной информации выявлены основные ценообразующие факторы.

Ключевые слова: жилая элитная недвижимость, анализ рынка недвижимости, предложение, спрос, ценообразующие факторы.

The article provides an analysis of the supply, demand and average price of the residential elite real estate market in St. Petersburg. Based on the collected and processed information, the main pricing factors were identified.

Keywords: residential elite real estate, real estate market analysis, supply, demand, pricing factors.

Термин «элитная недвижимость» плотно входит в лексику жителей городов, урбанистов, ассессоров и других специалистов. Это вызвано тем, что одни люди при подборе недвижимости стали об-

ращать большое внимание на местоположение, площадь застройки, площадь квартир, а другие стараются обновить свои активы путем продажи имеющейся устаревшей недвижимости и заменить ее на более современное жилье, тем самым, повышая спрос и предложение.

По данным международной консалтинговой компании *Knight Frank* [1, 2] предложение на рынке элитной недвижимости Санкт-Петербурга в 2020 году насчитывало 960 квартир общей площадью 121,7 тыс. м². За год объём предложения в продаже уменьшился на 26 %. Повышение спроса ведёт к развитию цикла нового строительства, который, в свою очередь, влияет на все циклы экономической жизни здания и, как следствие, на налогообложение. Цель исследования заключается в предварительном анализе рынка жилой элитной недвижимости для государственной кадастровой оценки на примере жилых помещений. В свою очередь, под анализом рынка недвижимости понимаются целенаправленное изучение его состояния, общих и частных тенденций, а также прогнозирование его развития как в целом, так и в различных сегментах с целью предоставления заинтересованным сторонам объективной информации.

Опираясь на то, что нормативно-правового определения «элитного жилья» не существует, ГБУ выработали определённый подход к отнесению объектов недвижимости к данному сегменту. Так для жилой элитной недвижимости были выявлены следующие независимо и значимо влияющие факторы, представленные в табл. 1.

По итогам I полугодия 2020 года больше половины предложений (55 %) элитной жилой недвижимости находились в готовых жилых комплексах и комплексах, которые запланированы к сдаче в текущем году [2]. За год доля предложения в элитной жилой недвижимости, запланированной к сдаче через год, увеличилась на 17 %, а доля предложений элитных жилых комплексов, находящихся на начальной стадии строительства, уменьшилась на 22 %. Объём спроса за первые шесть месяцев 2020 г. составил 27,2 тыс. м² и превысил аналогичный показатель 2019 г. на 21 %. (рис. 1).

Таблица 1

Ценообразующие факторы для жилой элитной недвижимости в г. Санкт-Петербург

Количественные факторы	Качественные факторы
Площадь квартиры	Оценочная зона
Влияние центра города	Этаж расположения помещения
Близость к водным объектам	Количество комнат в квартире
Оценка численности населения, проживающего в районе расположения Объекта	Наличие отделки
	Тип дома, в котором располагается квартира

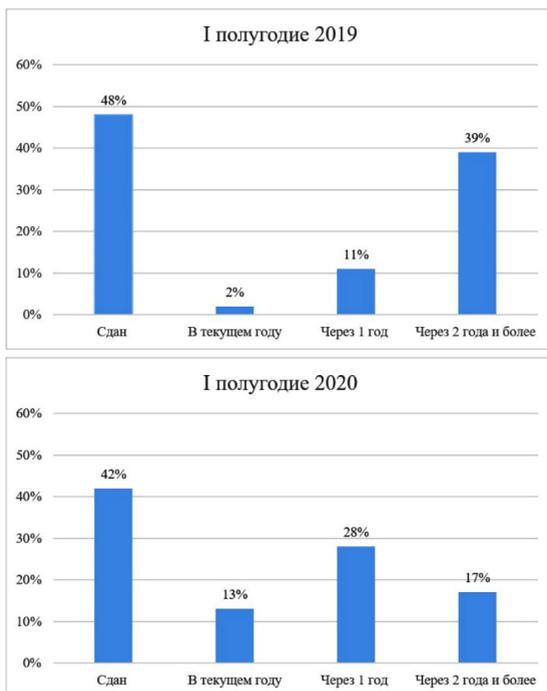


Рис. 1. Распределение предложения по срокам сдачи

В период пандемии и самоизоляции требования покупателей, предъявляемые к элитному жилью, претерпели изменения. Если в 2019 г. для большинства клиентов (57 %) масштаб жилого комплекса не имел значения, то в 2020 г. количество таких клиентов снизилось до 50 %. На 20 % возросло количество потенциальных покупателей, желающих приобрести недвижимость в малоквартирных домах (до 50 квартир), в 2019 г. данный показатель составил 12 %. Количество заявок от клиентов желающих приобрести квартиры с 3 и 4 спальнями, возросло на 17 % и составило 25 %. Наличие дополнительной комнаты, возможность создания отдельного кабинета – все эти важные требования перерастают в необходимость [1–3].

Средневзвешенная цена предложения на конец июня 2020 г. составила 360 тыс. руб./м², что на 7 % превышает показатель итогов 2019 г. В первой половине 2020 г. динамика цен объектов на рынке элитного жилья носила разнонаправленный характер: с одной стороны, увеличивались цены (на 5–10 %) на строящиеся и сданные проекты, пользующиеся устойчивым спросом, с другой стороны, девелоперы стали предоставлять значительные скидки (до 15–20 %) на квартиры в объектах с длительным сроком экспозиции (рис. 2) [4].

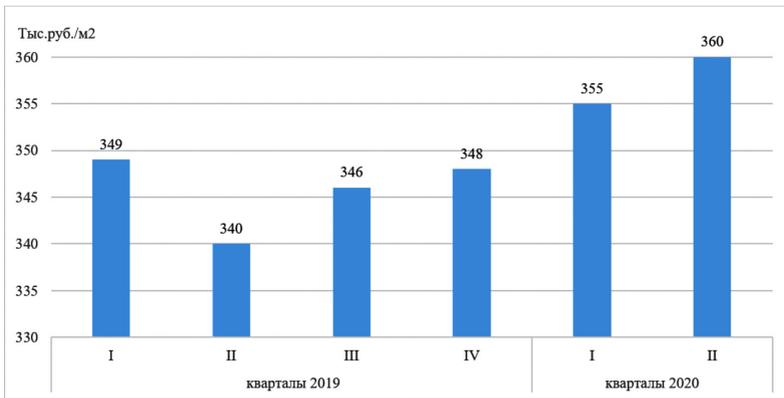


Рис. 2. Динамика средневзвешенной цены

По итогам изучения рынка жилой элитной недвижимости Санкт-Петербурга можно сделать следующие выводы:

1. Предложение на рынке жилой элитной недвижимости Санкт-Петербурга в 2020 г. составило 121,7 тыс. м², что на 26 % меньше, чем в предыдущем;

2. Объем спроса в I полугодии 2020 г. составил 27,2 тыс. м² и превысил аналогичный показатель 2019 г. на 21 %;

3. Средневзвешенная цена предложения на конец июня 2020 г. составила 360 тыс. руб./м², что на 7 % превышает показатель 2019 г.;

4. В период пандемии потенциальные покупатели отдавали предпочтение 3–4 комнатным квартирам в малоквартирных домах (до 50 квартир);

5. Основными ценообразующими факторами для элитной жилой недвижимости в Санкт-Петербурге выступают: влияние центра города, близость к водным объектам, паркам, памятникам архитектуры, престижность района, тип дома, в котором располагается квартира, площадь квартиры, наличие отделки, охрана территории, прилегающей к дому.

Литература

1. Аналитический отчет за III квартал 2020 года. Рынок элитной жилой недвижимости. URL: <http://kfelita.ru/upload/iblock/06f/06f4c04280138984a8a93d33f417ad9e.pdf>

(дата обращения: 15.0.2021).

2. Аналитический отчет за I полугодие 2020 года. Рынок элитной жилой недвижимости. URL: <http://kfelita.ru/upload/iblock/727/7278a770d314bc1e73e057bd53713b28.pdf>

(дата обращения: 15.03.2021).

3. Аналитический отчет за I квартал 2020 года. Рынок элитной жилой недвижимости. URL: <http://kf-elita.ru/upload/iblock/7ae/7ae103891aef606cad86a14c5dd89ef0.pdf> (дата обращения: 16.03.2021).

4. Обзор рынка элитной недвижимости Санкт-Петербурга. URL: www2.colliers.com/research/Elite_Residential_StPetersburg_Q1_2016_RUS20.pdf (дата обращения: 16.03.2021).

УДК 528.4

Даниил Алексеевич Симапов,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: simsev44@gmail.com

Simanov Daniil Alekseevich,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: simsev44@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДООХРАННЫХ ЗОН И УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ПРИБРЕЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОЛОС

FEATURES OF THE FORMATION OF WATER PROTECTION ZONES AND THE ESTABLISHMENT OF THE BOUNDARIES OF COASTAL PROTECTIVE STRIPS

Наибольшее антропогенное влияние на качество вод поверхностных водотоков оказывают сбросы недостаточно очищенных сточных вод поселений и промышленных объектов, находящихся в бассейне рек, а также поверхностный загрязненный сток с водосбора. С поверхностным стоком загрязняющие и биогенные вещества (удобрения, пестициды, гербициды, азот, фосфор) смываются с природных и сельскохозяйственных угодий и попадает в водные объекты. Уменьшить попадание загрязняющих веществ с поверхностным стоком в реки и водоемы, предотвратить загрязнение подземных горизонтов призвана территория водоохранных зон.

В статье рассматривается состав и содержание рабочего проекта по формированию водоохранных зон и установлению границ прибрежных защитных полос водных объектов. Рассмотрен правовой режим пользования земель, находящихся в водоохранных зонах. Обозначено разграничение по ограничениям использования земельных участков, расположенных в прибрежной защитной полосе и водоохранной зоне. Представлена характеристика сведений, которые являются обязательными для внесения в государственный водный реестр.

Ключевые слова: землеустройство, водоохранная зона, прибрежная защитная полоса, водоохранные мероприятия, ограничения прав, специальные информационные знаки.

The greatest anthropogenic impact on the water quality of surface watercourses is caused by discharges of insufficiently treated wastewater from settlements and

industrial facilities located in the river basin, as well as surface polluted runoff from the catchment area. Surface runoff pollutants and biogenic substances (fertilizers, pesticides, herbicides, nitrogen, phosphorus) it is washed away from natural and agricultural land and enters water bodies. The territory of water protection zones is designed to reduce the ingress of pollutants from surface runoff into rivers and reservoirs, and to prevent contamination of underground horizons.

The article considers the composition and content of the working project on the formation of water protection zones and the establishment of the boundaries of coastal protective strips of water bodies. The legal regime for the use of land located in water protection zones is considered. There is a distinction between restrictions on the use of land plots located in the coastal protection zone and the water protection zone. The characteristics of the information that is mandatory for entering into the state water register are presented.

Keywords: land management, water protection zone, coastal protective strip, water protection measures, restrictions on rights, special information signs.

Не вызывает сомнения тот факт, что поддержание благоприятного состояния водных объектов и прилегающих к ним территорий является важным аспектом существования всего живого на Земле. В связи с этим законодательно закреплено установление водоохранных зон и включенных в их состав прибрежных защитных полос [1].

В соответствии с 65 статьей Водного кодекса Российской Федерации водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира [2].

В границах водоохранных зон (далее – ВОЗ) устанавливаются прибрежные защитные полосы (далее – ПЗП), на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности [2].

В 2007 году были внесены важные изменения в ВК РФ. Внесенные поправки кардинально изменили правовой режим ВОЗ.

Ранее, согласно ст. 102 ЗК РФ, ВОЗ относились к землям водного фонда, но со вступившими в силу изменениями, такие зоны теперь устанавливаются на землях всех категорий, в случае, если такие земли примыкают к водному объекту [3]. В связи с этим возникает особый режим использования земель, а на земельные участки, попадающие в ВОЗ, накладываются определенные ограничения. В связи с этим у землевладельцев и землепользователей возникают определенные проблемы с использованием своих земельных участков. Помимо прочего в границах ВОЗ устанавливаются ПЗП, которые накладывают ограничения, свойственные ВОЗ и вносят свои запреты на определенные виды деятельности, которые представлены на рисунке 1.

Соблюдение особого режима – неотъемлемая часть комплекса природоохранных мероприятий по улучшению гидрологических, гидрохимических, гидробиологических, санитарных и экологических состояний водоемов и ландшафта прибрежной зоны.

Природоохранные меры должны быть нацелены на полное или максимально возможное устранение факторов влияния, которые в свою очередь неблагоприятно воздействуют на реки и другие водоемы, то есть создают неблагоприятные природные условия, а также касаются сферы человеческой жизни.

На сегодняшний день ведутся землеустроительные работы на территории субъектов Российской Федерации, которые направлены на формирование ВОЗ и установление границ ПЗП водных объектов [4]. Состав и содержание данных работ представлены на рис. 2.

Проектно-изыскательские работы проведены в несколько этапов. На первой стадии проводят подготовительные работы, которые включают в себя рекогносцировочное обследование территорий, попадающих в ВОЗ в летний период, когда водотоки не покрыты льдом. Цель рекогносцировочных работ – фотофиксация местности для дальнейшей коррекции плановых основ.

Важной задачей подготовительных работ является определение уровней воды рек, для этого производят разбивку и нивелирование морфостворов на расчетных участках рек, а после на ос-

нове гидрологических расчетов определяют среднеголетние уровни воды в реках и на их притоках (за период, когда они не покрыты льдом).

Эти расчеты необходимы для выявления положения береговой линии (граница водного объекта) в расчетных створах. Ведь видимые и хорошо различимые на фотоизображениях границы водных объектов зачастую фактически таковыми не являются, поскольку уровень воды в водном объекте не постоянен и на момент съемки он, как правило, находится за пределами отметки, при которой он соответствует «нормативному» значению, установленному Водным кодексом РФ.

На основе полученных данных разрабатывают задание на проектирование, в котором содержится основание для выполнения работ, наименование объекта, государственный заказчик, основание выдачи задания, источник финансирования, целевое назначение работ, основные виды и объемы работ и последовательность их выполнения.

В процессе разработки проектно-технологической части проекта, выполняемой камерально, определяют размеры и границы ВОЗ, ПЗП в соответствии со ст. 65 Водного Кодекса РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ.

Далее необходимо с помощью специальных информационных знаков закрепить области границ ВОЗ и ПЗП. Создание специальных информационных стендов предназначено для информирования граждан и юридических лиц об особом режиме осуществления хозяйственной и иной деятельности на территориях ВОЗ и ПЗП.

В соответствии с Правилами размещение специальных информационных знаков на всем протяжении границ ВОЗ и ПЗП водных объектов осуществляется в характерных точках рельефа, в местах пересечения водных объектов дорогами, а также в зонах отдыха и других местах массового пребывания граждан [5].

При осуществлении рабочего проекта одной из первоочередных задач является предоставление сведений для внесения в государственный водный реестр, вид сведений и определяющие их документы представлены на рис. 3.

Водоохранные зоны	Прибрежные защитные полосы
<p>1) использование сточных вод в целях регулирования плодородия почв;</p> <p>2) размещение кладбищ, скотомогильников, объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ, пунктов захоронения радиоактивных отходов;</p> <p>3) осуществление авиационных мер по борьбе с вредными организмами;</p> <p>4) движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие;</p> <p>5) размещение автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов, станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта транспортных средств, осуществление мойки транспортных средств;</p> <p>6) размещение специализированных хранилищ пестицидов и агрохимикатов, применение пестицидов и агрохимикатов;</p> <p>7) сброс сточных, в том числе дренажных, вод;</p> <p>8) разведка и добыча общераспространенных полезных ископаемых.</p>	<p>наряду с установленными ограничениями для водоохранной зоны запрещаются:</p> <p>1) распашка земель;</p> <p>2) размещение отвалов размываемых грунтов;</p> <p>3) выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.</p>

Рис. 1. Ограничения, в использовании земельных участков, находящихся в границах прибрежных и водоохранных зонах

Стадии проектно-исследовательских работ	Состав проекта	Содержание проекта
Подготовительные работы	1. Инженерно-геологические изыскания	1. Рекогносцировочное обследование территорий, попадающих в ВОЗ; 2. Определение среднеголетних уровней воды реки и положение береговой линии; 3. Уточнение протяженности рек.
	2. Разработка задания на проектирование	1. Уточнение очередности проведения землеустроительных мероприятий; 2. Установление исполнителей и сроков выполнения работ.
Составление рабочего проекта	1. Разработка проектно-технологической части проекта	1. Определение размеров и границ ВОЗ, ПЗП; 2. Определение особых условий использования земель территориальных зон; 3. Определение необходимого количества специальных информационных знаков и мест их установки для закрепления на местности границ ВОЗ и границ ПЗП.
	2. Сметно-финансовые расчеты и обоснования проекта	1. Смета на закрепление на местности границ ВОЗ и ПЗП посредством размещения специальных информационных знаков (вынос в натуру); 2. Объектный сметный расчет на установку специальных информационных знаков; 3. Сводный сметный расчет стоимости строительства; 4. Экономическое обоснование формирования ВОЗ и прибрежных лесных полос.
Осуществление рабочего проекта		1. Изготовление рабочего чертежа перенесения проекта в натуру; 2. Предоставление сведений для внесения в ЕГРН; 3. Составление календарного плана закрепление на местности границ ВОЗ и ПЗП.

Рис. 2. Состав и содержание рабочего проекта

Вид сведений, предоставленных для внесения	Документ, определяющий правила установления, состав и порядок предоставления сведений для внесения
Сведения по определению местоположения береговой линии (границы водного объекта)	Постановление Правительства РФ от 29.04.2016 г. №377 «Об утверждении Правил определения местоположения береговой линии (границы водного объекта), случаев и периодичности ее определения»
Сведения по установлению границ ВОЗ и ПЗП водного объекта	Постановление Правительства Российской Федерации от 10.01.2009 №17 «Об утверждении Правил установления на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов»
Сведения по определению зон затопления, подтопления	Постановление Правительства РФ от 18.04.2014 г. №360 «Об определении границ зон затопления, подтопления»

Рис. 3. Характеристика сведений, обязательных для внесения

Определение границ ВОЗ является важным природоохранным мероприятием. Выделение таких зон обеспечивает участников земельных отношений информацией об обременениях их правомочий, касающихся хозяйственной деятельности на земельных участках. Установление ВОЗ дает возможность обнаружить территории вблизи водных объектов, которые оказывают наибольшее негативное влияние на состояние акваторий и прилегающих территорий, и тем самым осуществлять предупредительные меры и привлекать к ответственности виновных лиц в случае нарушений.

Литература

1. Сагдаров А. З. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы в законодательных системах России и мира // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о земле. 2015. № 4. С. 35–44.
2. Водный кодекс Российской Федерации № 74–ФЗ от 03.06.2006. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (Дата обращения 27.11. 2020).
3. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (Дата обращения 27.11. 2020).

4. Потлов М. Е. Технические и юридические аспекты определения границ водоохранных зон, прибрежных защитных полос и береговых линий (границ водных объектов) в соответствии с последними изменениями законодательства; анализ проблем и пути их решения // Водные ресурсы России: состояние и управление: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Новочеркасск: Лик. 2018. Т. 2. С. 23–33.

5. Правила установления границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов (утв. постановлением Правительства РФ от 10 января 2009 г. № 17). URL: <https://base.garant.ru/12164526/> (Дата обращения 27.11. 2020).

УДК 332.2

Анастасия Олеговна Танская,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: tanskaya.nastenka199927
@gmail.com

Anastasiya Olegovna Tanskaya,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: tanskaya.nastenka199927
@gmail.com

**ЦЕНООБРАЗУЮЩИЕ ФАКТОРЫ
КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ
УЧАСТКОВ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ОСОБЕННОСТЕЙ**

**PRICE-FORMING FACTORS
OF CADASTRAL VALUE OF LAND PLOTS,
TAKING INTO ACCOUNT REGIONAL
PECULIARITIES**

Российский реестр недвижимости – один из самых больших в мире по количеству объектов. Принятые в последнее время нормативно-правовые акты и методические указания по проведению кадастровой оценки направлены на повышение ее качества и более точное соответствие кадастровой стоимости недвижимости ее рыночному значению. В связи с этим одной из задач становится учет как можно большего числа ценообразующих факторов, которые оказывают влияние на кадастровую стоимость. В статье приведена существующая классификация ценообразующих факторов, как по виду, так и по трем уров-

ням территориального охвата. Рассмотрено влияние региональных особенностей при оценке земельных участков.

Ключевые слова: ценообразующие факторы, регрессионный анализ, кадастровая стоимость, государственная кадастровая оценка, земельные участки.

The Russian real estate register is one of the largest in the world in terms of the number of objects. Recently adopted regulations and guidelines for conducting cadastral valuation are aimed at improving its quality and more accurately matching the cadastral value of real estate to its market value. In this regard, one of the tasks is to take into account as many price-forming factors as possible that affect the cadastral value. The article presents the existing classification of price-forming factors, both by type and by three levels of territorial coverage. The influence of regional features in the assessment of land plots is considered.

Keywords: price-forming factors, regression analysis, cadastral value, state cadastral valuation, land plots.

Налоговые доходы с имеющихся земельных участков являются элементом пополнения регионального и муниципального бюджета, поэтому можно предположить, что рост кадастровой стоимости земельных участков приводит к увеличению бюджетных поступлений.

Государственная кадастровая оценка представляет собой большой комплекс принимаемых мер по оценке объектов недвижимости, обладающий важнейшим юридическим и экономическим значением. Сегодня это важный инструмент, позволяющий управлять земельными ресурсами, требующий объективности и достоверности в процессе проведения. В соответствии с этим требуется тщательное изучение этой процедуры и методов её выполнения, соответствующих адекватным требованиям современного рынка.

В России определение кадастровой стоимости является массовым, что в ряде случаев не позволяет объективно оценить стоимость объектов недвижимости [1]. В результате обоснованность установленной стоимости земельного участка ставится под сомнение. Это приводит к ежегодному росту количества обращений физических и юридических лиц, пытающихся оспорить кадастровую стоимость [2].

В основе кадастровой оценки лежат ценообразующие факторы, определяемые для статистических моделей стоимости. Сегодня проблема заключается в отсутствии достоверных и полных характеристик имеющихся земельных участков, причём для её решения требуется формирование открытого процесса публикации сведений о проводимых сделках.

Таким образом, показатели, учитываемые при оценке земельных участков, обладают ограниченностью, что ущемляет интересы непосредственных собственников. Также сегодня отмечается весьма большое количество проблем, имеющих связь с методологической базой кадастровой оценки, включая невозможность ее постепенного совершенствования и модернизации именно на региональном уровне. Методические указания содержат примерный перечень ценообразующих факторов кадастровой стоимости, который на сегодняшний день является открытым.

К такой проблеме приводит общегосударственность системы кадастровой оценки, причём отмечается отсутствие взаимодействия по поиску общих доступных способов решения проблем именно на разных уровнях действующей власти. Сегодня для точного определения кадастровой стоимости земельных участков требуется проведение грамотного анализа информации о важнейших экономических, рассматриваемых социальных, экологических и остальных важных факторах, оказывающих непосредственное влияние на их текущую стоимость. Именно на основе анализа внешней среды таких объектов определяются важные ценообразующие факторы, с помощью которых даётся характеристика земельным участкам.

К ценообразующим факторам земельных участков относится информация о физических свойствах, важнейших технических и эксплуатационных характеристиках, а также другая информация, обладающая важным значением для формирования их рассматриваемой стоимости [3]. Различают следующие виды ценообразующих факторов:

- факторы, характеризующие именно важную внешнюю среду;

- факторы, характеризующие окружение и рыночный сегмент недвижимых объектов;

- факторы, характеризующие сам непосредственный объект недвижимости. Каждый вид ценообразующих факторов рассматривается на трех уровнях пространственного охвата территории.

Первый уровень – региональный. В него входят факторы глобального масштаба, которые напрямую не связаны с земельным участком, но косвенно влияют на его стоимость. К факторам данного уровня относятся:

1. Социальные. Демографическая структура населения, его численность, плотность, состав, сложившиеся системы расселения.

2. Экономические. К общей экономической ситуации относится экономическая ситуация стране и регионе, инвестиционный климат, рынок долгосрочных кредитов; уровень доходов населения, тенденции развития местности.

3. Правовое регулирование. К правовому регулированию относятся правовые нормы частного и публичного права, например, сервитуты, права пользования и вещные права и обязательства, виды разрешенного использования земли и устанавливаемые градостроительные и природоохранные режимы, законодательные требования по уплате налогов, сборов и иных земельных платежей, налогов на строительство и др.

4. Экологический фактор. Экологическими факторами при оценке земельных участков являются:

- состояние климата и земной коры, а также окружающей среды;

- гидрологические условия;

- состояние ландшафта и общий вид;

- существование или отсутствие мест рекреации, а также опасных для среды факторов экологического характера на участке или в окрестностях.

Экологический фактор с позиции оценки объекта недвижимости – это любое явление природного характера, а также уровень качества состояния окружающей среды и ее составных частей, ка-

чество сегмента недвижимости, которое напрямую воздействует на ее стоимость на рынке [4]. По виду связи их можно подразделить на факторы:

а) положительные – параметры среды, которая окружает человека, повышающие стоимость земельного участка (например, красивый вид, удобное местоположение относительно привлекающих внимание объектов, таких как скверы, озера и иные водоемы, парки и др.; неимение в окрестностях предприятий промышленной направленности);

б) отрицательные – признаки качества и количества, которые способны понизить стоимость земельного участка (последствия неблагоприятного воздействия на природу: загрязнение воздуха и воды, радиоактивность, шумность, расположение объекта в непривлекательном месте с экологической точки зрения, вблизи ТЭЦ, свалок промышленных предприятий и иных учреждений, загрязняющих атмосферу вблизи объекта недвижимого имущества).

Существование ряда ограничительных мер по использованию земельного участка зачастую находится в прямой зависимости от создания ограничительных процедур разного рода в применении земель и в проведении зонирования по принципу функционирования или же любому иному принципу, которое закрепило бы такие процедуры [4]. К примеру, к зонам, в которых соблюдены особые условия применения земель можно отнести:

- места, направленные на охрану природы, рекреацию, а также заповедники;
- зоны охраны;
- санитарно-защитные полосы;
- функциональные зоны в городах.

Такие ограничения в свою очередь, также можно отнести к экологическим факторам отрицательного характера.

Второй уровень – местный, он также не связан с характеристиками конкретного земельного участка, но имеет значительное влияние на его стоимость. К факторам второго уровня относятся: близость к транспортным магистралям, объектам социальной ин-

фраструктуры района (магазинам, школам, больницам, рынкам), соседство с привлекательными или, наоборот, непривлекательными объектами [5]. Например, участок может быть расположен в престижном месте, месте с красивым ландшафтом, рекой или вблизи свалки.

Третий уровень – непосредственное окружение. Эти факторы напрямую зависят от качественных характеристик самого земельного участка, к ним можно отнести: размер и форма участка, рельеф, ориентация участка по сторонам света, положение по отношению к соседним участкам; инженерная подготовка участка, характеристика земли (качество почв, наличие воды), вид и объем полезной застройки.

Данные о ценообразующих факторах, используемых для расчета кадастровой стоимости, представлены в отчетах о государственной кадастровой оценке объектов недвижимости. Для сравнения ценообразующих факторов были взяты отчеты об оценке земельных участков в Краснодарском крае, Воронежской области и Республике Саха.

Анализ отчетов о ГКО по каждому субъекту, показал, что перечень ценообразующих факторов, рекомендуемый методическими указаниями, был откорректирован бюджетными учреждениями, проводившими оценку, и дополнен с учетом природно-экономических особенностей данной территории. Ниже представлена сравнительная таблица ценообразующих факторов. Всего был выделен 21 фактор, оказывающий существенное влияние на величину кадастровой стоимости земельного участка.

В зависимости от региона данное количество ценообразующих факторов может варьироваться от 15 до 20.

Этап включения или выключения ценообразующего фактора из модели стоимости является важным. Основным методом по отбору ценообразующих факторов является регрессионный анализ. Регрессионный анализ позволяет сравнивать зависимую переменную, стоимость, и либо одну независимую переменную (в простой линейной регрессии), либо множество независимых переменных

(в множественной регрессии) [6]. Существует несколько проблем с включением факторов в модель. Во-первых, отсутствие значимого фактора в перечне может привести к тому, что он будет не учтен в модели стоимости, а это в свою очередь снижает способность модели учитывать изменения кадастровой стоимости. Во-вторых, возможны случаи, когда в модель включают малозначимые факторы, которые слабо влияют на величину стоимости, но в совокупности имеют высокую корреляцию.

Таблица 1

**Перечень ценообразующих факторов
в соответствии с природно-экономическими условиями региона**

Ценообразующий фактор	Субъект		
	Республика Саха (Якутия)	Воронежская область	Краснодарский край
Категория земель, вид разрешенного использования	+	+	+
Площадь земельного участка	+	+	+
Наличие вблизи автомобильных, железных дорог	+	+	+
Расположение земельного участка относительно остановки общественного транспорта	+	+	+
Наличие вблизи рекреационных зон, зон отдыха	-	+	+
Наличие вблизи водных объектов	+	+	+
Наличие вблизи общеобразовательных школ и детских садов	-	+	+
Наличие вблизи магазина	+	+	+
Наличие вблизи объектов здравоохранения	-	+	-

Окончание табл. 1

Ценообразующий фактор	Субъект		
	Республика Саха (Якутия)	Воронежская область	Краснодарский край
Наличие вблизи локальных центров, положительно влияющих на стоимость	+	+	+
Наличие вблизи локальных центров, отрицательно влияющих на стоимость	+	+	+
Наличие коммуникаций	+	+	+
Расстояние от населенного пункта до центра субъекта РФ/ до центра муниципального района (городского округа)	+	+	+
Расстояние объекта до центра населенного пункта	+	+	+
Расстояние объекта до историко-культурного центра	-	+	+
Расстояние объекта до общественно-делового центра	+	+	+
Численность населения	+	+	+
Среднемесячная заработная плата в муниципальном районе (городском округе)	+	+	+
Статус населенного пункта (морской, горнолыжный)	-	-	+
Удаленность от береговой линии	-	-	+
Наличие морских портов	-	-	+

Справедливая оценка земельных участков считается важнейшей задачей современной кадастровой системы на территории

нашей страны. Формируемый реестр недвижимости приводит к созданию основы экономического развития страны и к появлению общей правовой системы гарантий прав граждан на владение и свободное распоряжение имеющимся имуществом. В представленной статье изучены факторы стоимости земельных участков, имеющих связь с объектом и отражающих особенности окружения. При этом особое внимание уделяется вопросу включения факторов в модель стоимости, так как от этого зависит качество результатов государственной кадастровой оценки.

В справедливой величине кадастровой стоимости в значительной степени заинтересованы непосредственные собственники земельных участков, так как именно на плечи физических и юридических лиц ложится обязанность уплаты земельного и имущественного налога на недвижимое имущество, напрямую зависящего от этой величины.

Литература

1. Кулёва Е. В. Актуальные проблемы кадастровой оценки объектов недвижимости // Молодой ученый. 2018. № 51. С. 127–129.
2. Жданова Р. В., Гвоздева О. В., Рассказова А. А. Практика оспаривания кадастровой стоимости земельных участков // Московский экономический журнал. 2017. № 1. С. 25.
3. Корж А. Ю., Жданова Р. В. Актуальные вопросы об оспаривании кадастровой стоимости объектов недвижимости // Современные проблемы землепользования и кадастров: материалы 2-й международной межвузовской научно-практической конференции. Государственный университет по землеустройству (Москва). 2019. С. 150–155.
4. Бутова О. А. Связь экологических факторов с кадастровой оценкой земель // Сборник трудов VII-ой Международной научно-практической конференции «Аграрная наука, творчество, рост». Изд-во: ООО «СЕКВОЙЯ». 2017. С.39-42.
5. Демина Е. Ю., Поваляхин Г. А. О государственной кадастровой оценке земель // Сборник докладов международной научно-практической конференции «Уральская горная школа – регионам». Изд-во: Уральский государственный горный университет. 2016. С. 316–317.
6. Appraisal Institute (2020), *The Appraisal of Real Estate*, 15th Edition, Appendix B. Regression Analysis and Statistical Applications, The USA. URL:

https://www.appraisalinstitute.org/assets/1/7/ARE_15_Appendix_B.pdf (дата обращения: 04.03.2021).

УДК 349.415

Полина Федоровна Виноградова,
студент

Юлия Витальевна Иванько,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: vinpfd@gmail.com,
julia_show@bk.ru

Polina Fedorovna Vinogradova,
student

Yulia Vitalievna Ivanko,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: vinpfd@gmail.com,
julia_show@bk.ru

ПРОБЛЕМЫ НЕРАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

PROBLEMS OF UNRATIONAL USE OF AGRICULTURAL LANDS

Проблемы в сфере рационального и эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения в данный момент являются актуальными. Земли продолжают деградировать вследствие различных факторов – водной и ветровой эрозии, засоления почв, переувлажнения и повышения кислотности. Вследствие этого необходимо решать задачи, которые обеспечат выявление неиспользуемых земель и позволят вернуть их в оборот. В статье были рассмотрены причины деградации земель, проведение государственного земельного контроля и произведен анализ нормативно-правовых актов. Предложены мероприятия, позволяющие рационально использовать земли сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: земли сельскохозяйственного назначения, рациональное использование, деградация, плодородие, состояние земель.

Problems in the field of rational and efficient use of agricultural land are currently relevant. Lands continue to degrade due to various factors - water and wind erosion, soil salinization, waterlogging and increased acidity. As a result, it is necessary to solve tasks that will ensure the identification of unused lands and will allow them to be returned to circulation. The article discusses the causes of land deg-

radation, the conduct of state land control and an analysis of regulatory legal acts. Measures are proposed that allow the rational use of agricultural land.

Keywords: agricultural land, rational use, degradation, fertility, land condition.

Неиспользование сельскохозяйственных земель обусловлено различными причинами – социально-экономическими факторами (большое количество не востребованных земельных долей, нецелевое использование земельных участков, отсутствие финансовых и технических ресурсов, передача земельных участков в краткосрочную аренду) и природно-антропогенными факторами деградации земель (водная и ветровая эрозия, засоление почв, переувлажнение, повышение кислотности).

По состоянию на 1 января 2019 года площадь земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации составляет 382 509,8 тыс. га. (22,3 % от общей площади земель). Земли сельскохозяйственных угодий составляют 197 720,7 тыс. га., несельскохозяйственных – 184 789,1 тыс. га. Почти 55 % (101 364,1 тыс. га) несельскохозяйственных угодий категории составляли земли, предоставленные и предназначенные для северного оленеводства. Значительная их часть (23 % от общей площади под оленьими пастбищами) – это лесные площади [1].

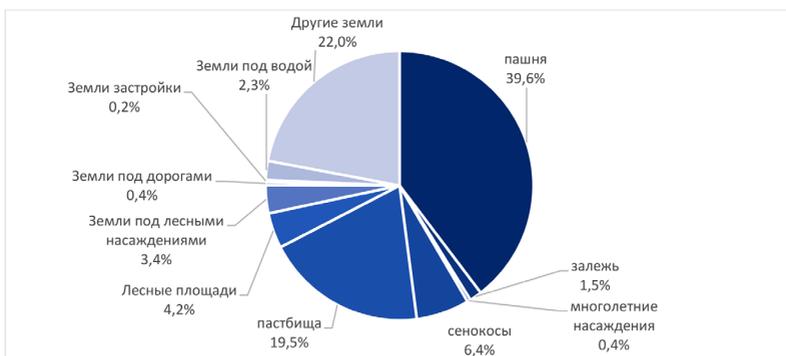


Рис. 1. Распределение земель сельскохозяйственного назначения по угодьям

На большей части земель сельскохозяйственного назначения обнаруживаются следы воздействия негативных процессов, таких как засоление, заболачивание, подтопление, зарастание древесной и кустарной растительностью, сорными растениями, эрозия. Вследствие этого происходит деградация земель и их необходимо выводить из оборота.

По данным Минсельхоза общая обследованная площадь сельхозземель Российской Федерации в 2018 году составляет 13 822,14 тыс. га [1].

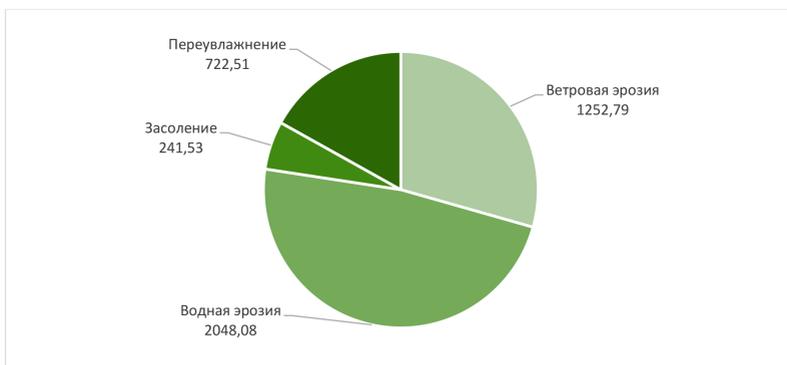


Рис. 2. Распространение негативных процессов на территории РФ

Эрозионные процессы – это главная причина деградации земель в РФ, в результате которых почвы теряют свое плодородие. Ветровая эрозия – это вынос мелких частиц из почвы. Наиболее часто проявляется весной, когда почва подсушена и не покрыта растительностью. По данным ФГБУ «Аналитический центр Минсельхоза России» ветровой эрозии подвержены 1 252,79 тыс. га. земель, что составляет 9,1 % от общей площади.

Водная эрозия почв – процесс разрушения почвенного покрова под действием талых, дождевых или ирригационных вод. По результатам обследования водной эрозии подвержены 2 048,08 тыс. га. земель (14,8 %).

Засоление почв – процесс избыточного накопления в почвах водорастворимых солей в количествах, вредных для растений. По результатам обследования засолению подвержены 241,53 тыс. га. земель (1,7 %).

Переувлажненные почвы – это почвы, формирующиеся в условиях избыточного по сравнению с нормальным для данной природной зоны увлажнением. Избыточное увлажнение – такое состояние почвы, когда среднее содержание влаги в ней за вегетационный период превышает 70–80 % от полной влагоемкости. По результатам обследования переувлажнению подвержены 722,51 тыс. га. земель (5,2 %).

По состоянию на 2019 год Россельхознадзор провел 42 000 контрольно-надзорных мероприятий на площади 9,8 млн. га. земель сельхозназначения. Было проведено 24 125 проверок (из них 15 811 внеплановых и 8 314 плановых) в отношении физических и юридических лиц, ИП, органов местного самоуправления и государственной власти.

Доля проверок, при которых выявляются нарушения требований земельного законодательства, а также факты неисполнения предписаний увеличилась с 56,5 % в 2014 году до 90,6 % в 2019 году.

Наиболее распространенным нарушением является бездействие правообладателей земельных участков (зарастание сорными растениями и, как следствие, неиспользование земельного участка по целевому назначению) – 930 тыс. га. (71,9%) [1].

В сентябре 2020 года в силу вступило Постановление Правительства РФ от 18.09.2020 № 1482 «О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации»[2].

Для того, чтобы решить эти проблемы Минсельхоз разработал госпрограмму эффективного вовлечения в оборот земель сельхозназначения и развития мелиоративного комплекса. Срок реализации программы – 2021–2030 годы [3].

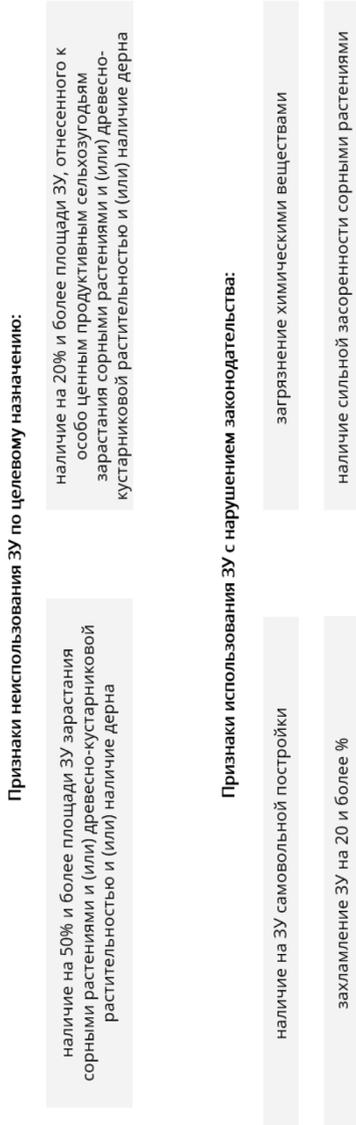


Рис. 3. Признаки неиспользования земельных участков и использования с нарушениями законодательства

Первая цель – осуществление сбора и систематизация данных о землях и земельных участках в отношении 100 % земель сельскохозяйственного назначения к 2023 году. В настоящее время существует проблема отсутствия достоверной и актуальной информации о состоянии земель.

Инвентаризация земель обеспечит создание единой базы данных о землях сельхозназначения. Вторая цель – вовлечение к концу 2030 года в оборот земель сельскохозяйственного назначения площадью не менее 12 000 тыс. га. Третья цель – сохранение и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

В итоге реализации программы Минсельхоз планирует сформировать рынок земель и обеспечить информационное сопровождение. Также предусматривается постановка на кадастровый учет неиспользуемых сельскохозяйственных земель.

Стоит помнить, что осуществление всех мероприятий может быть затруднительно вследствие ограниченной финансовой поддержки со стороны государства. Срок окупаемости земель достаточно велик, в то время как сельскохозяйственный бизнес несет в себе много рисков.

Для обеспечения рационального использования земель сельскохозяйственного назначения разработан ряд предложений:

1. Закрепить на законодательном уровне понятие «рационального использования земель сельскохозяйственного назначения»;
2. Сформировать целостную систему земельно-ипотечного кредитования сельскохозяйственных товаропроизводителей при поддержке государства;
3. Увеличить государственную поддержку со стороны государства на проведение инвентаризации и создание единой базы данных земель.

Создание качественной базы данных обеспечит:

- информационно-аналитическое обеспечение процессов подготовки и принятие управленческих решений;
- консолидацию сведений о землях сельскохозяйственного назначения;

- информационную поддержку управленческих решений органов государственного надзора;
- автоматизацию процессов сбора, обработки, анализа и предоставления получаемой информации.

4. Определить порядок установления границ земельных участков сельскохозяйственного назначения во избежание наложения контуров.

Литература

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2018 году: материалы сайта Росреестр. URL: <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения 10.03.2021);
2. Постановление Правительства Российской Федерации «О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации» от 25 сентября 2020 № 1482. URL: <https://rg.ru/2020/09/25/postanovlenie-dok.html> (дата обращения 10.03.2021);
3. Проект Постановления Правительства РФ «Об утверждении государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (по состоянию на 09.01.2020) (подготовлен Минсельхозом России, ID проекта 04/12/01-20/00098576). URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PNPA&n=54574&dst=100005#03136655627335063> (дата обращения: 10.03.2021).

УДК 528.7

*Дарья Николаевна Куличева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: d.n.kulicheva@gmail.com*

*Daria Nikolaevna Kulicheva, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: d.n.kulicheva@gmail.com*

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ АКТУАЛИЗАЦИИ СВЕДЕНИЙ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА НЕДВИЖИМОСТИ

APPLICATION OF GRAPHIC DATA IN UPDATING INFORMATION OF THE UNIFIED STATE REGISTER OF REAL ESTATE

В данной статье разобраны методики применения графических данных при проведении процедуры актуализации сведений Единого государственного реестра недвижимости. Такие методики базируются на дешифрировании аэрофотоснимков, полученных с применением беспилотных летательных аппаратов, а также создание профильных геоинформационных систем. Обработка графических данных может применяться для выявления реестровых ошибок в сведениях, уже содержащихся в Едином государственном реестре недвижимости, и незарегистрированных объектов недвижимости, внесения в Единый государственный реестр недвижимости сведений об описании характерных точек границ объектов недвижимости, а также информационного обеспечения заинтересованных лиц данными о сложившейся земельно-правовой ситуации. В статье приведены примеры применения графических данных при проведении процедуры актуализации сведений Единого государственного реестра недвижимости, отражены преимущества и недостатки применения каждой из приведенных методик.

Ключевые слова: Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН), база данных, дешифрирование, аэрофотоснимок, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), геоинформационная система (ГИС), публичная кадастровая карта (ПКК).

This article discusses the methods of using graphic data when carrying out the procedure for updating the information of the Unified State Register of Real Estate. Such techniques are based on the interpretation of aerial photographs obtained with

the use of unmanned aerial vehicles, as well as the creation of profile geoinformation systems. Graphic data processing can be used to identify registry errors in information already contained in the Unified State Register of Real Estate, and unregistered real estate objects, to enter information on the description of characteristic points of the boundaries of real estate objects in the Unified State Register of Real Estate, as well as to provide information to interested parties with data on the existing land -the legal situation. The article provides examples of the use of graphic data when carrying out the procedure for updating the information of the Unified State Register of Real Estate, reflects the advantages and disadvantages of using each of the above methods.

Keywords: Unified State Register of Real Estate (USRRE), database, decryption, aerial photograph, unmanned aerial vehicle (UAV), geographic information system (GIS), public cadastral map (PCM).

Согласно положениям актуального законодательства, ЕГРН представляет собой свод достоверных систематизированных сведений об объектах недвижимости, правах, ограничениях прав и обременениях недвижимого имущества, о границах таких объектов как, например, зоны с особыми условиями использования территорий, территориальные зоны, публичные сервитуты, реестровых делах, кадастровых картах и книгах учета документов [1]. Полномочия и обязанности по ведению ЕГРН возложены на орган регистрации прав – Росреестр.

Степень наполнения и достоверности вышеперечисленных сведений в базе данных ЕГРН в значительной мере влияет не только на принимаемые решения действующими и потенциальными частными собственниками объектов недвижимости, но и на систему исчисления налогов на недвижимое имущество. Так, например, наличие реестровой ошибки в описании местоположения границ объекта недвижимости может повлиять на отказ действующего и потенциального частного собственника от инвестиций в такой объект, поскольку исправление реестровой ошибки является процедурой дорогостоящей и продолжительной по времени, по этой причине нередки случаи, когда выгоднее приобрести иной объект, без данных проблем. В разрезе влияния на систему налогообложения можно судить о том, что отсутствие или наличие в ЕГРН неак-

туальных данных приводит к невозможности корректного исчисления кадастровой стоимости, исходя из которой рассчитывается имущественный налог. В результате отсутствия достоверных данных в ЕГРН, и как следствии невозможности корректного исчисления налогооблагаемой базы местный и региональный бюджет не дополучает имущественный налог.

Таким образом, соблюдение принципов ведения ЕГРН – единства технологии его ведения на всей территории Российской Федерации, достоверности и доступности его сведений – являются чрезвычайно важными направлениями работы Росреестра. На сегодняшний день одними их перспективных методов актуализации базы данных ЕГРН являются дешифрирование аэрофотоснимков, полученных с применением БПЛА, а также создание профильных ГИС.

Данные методы могут использоваться для:

- во-первых, выявления реестровых ошибок в сведениях ЕГРН;
- во-вторых, выявления незарегистрированных объектов недвижимости и отсутствующих пространственных данных объектов;
- в-третьих, непосредственного внесения пространственных данных в состав сведений ЕГРН.

Разбор методов применения графических данных при актуализации баз данных ЕГРН разумно начать с ПКК, являющейся официальным справочно-информационным ресурсом [1]. Наличие или отсутствие сведений на ПКК может свидетельствовать о присутствии соответствующих данных в ЕГРН.

ПКК можно использовать для визуального выявления ошибок в описании местоположения границ объектов недвижимости, путём сопоставления пространственных данных объектов, которым характерно наложение (пересечение) границ, между собой [2–4]. Наличие реестровых ошибок приводит к наложению (пересечению) границ соседних земельных участков и, как следствие, к изменению площади земельного участка.

Способ выявления реестровых ошибок, содержащихся в ЕГРН, путем анализа данных ПКК является весьма наглядным, но при

этом непрактичным. Так как на ПКК на данный момент не возможен автоматический поиск объектов недвижимости, границы которых пересекаются. Для выявления всех объектов недвижимости, сведения о которых содержат данную реестровую ошибку, необходимо вручную просмотреть данные ПКК по всей территории Российской Федерации, что является нецелесообразным, так как это весьма трудоемкий и время затратный процесс.

Актуальность проблемы и необходимость автоматизации методов её решения стала причиной разработки программного обеспечения на базе ПКК, алгоритмы которого позволяют автоматически выявлять неучтенные объекты недвижимости или же объекты, сведения о координатах характерных точек границ которых не внесены в ЕГРН, а также реестровые ошибки [5]. На рис. 1 представлены последовательность и принцип действия данных алгоритмов заключается.

Такие алгоритмы безусловно упростят процедуру актуализации баз данных ЕГРН, поскольку современные технологии позволяют детально обрабатывать огромное количество данных без участия человека за относительно непродолжительный период времени. На рисунке 2 приведен пример исправления реестровой ошибки с использованием технологии автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков.

Для выявления незарегистрированных объектов недвижимости, до внедрения описанных выше алгоритмов, также возможно применение технологии ручного дешифрирования аэрофотоснимков [6]. Методика работ по данной технологии заключается в следующем [7]:

1. Камеральное дешифрирование объектов недвижимости по аэрофотоснимкам на основе прямых и косвенных дешифровочных признаков.

2. Векторизация контуров и создание базы данных, после выявления предполагаемых объектов, и маркировки всех контуров. На рис. 3 приведен пример векторизации контуров и маркировки объектов.



Рис. 1. Принципиальная схема разрабатываемых алгоритмов ПКК по выявлению неучтенных и ранее учтенных объектов, а также реестровых ошибок



Рис. 2. Пример исправления реестровой ошибки с использованием технологии автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков



Рис. 3. Пример векторизации контуров и маркировки объектов [7]

3. Наполнение базы данных путем привязки к каждому объекту таблицы данных – личной карточки объекта. Личная карточка содержит основные данные из инвентарного дела БТИ, информацию ЕГРН и сведения о пространственном положении объекта, если он был ранее учтен в кадастре недвижимости.

4. Присвоение объектам статусов по итогам сбора и наполнения информацией личных карточек путем их маркировки: зеленый – информация об объекте содержится в ЕГРН, красный – информация об объекте не содержится в ЕГРН, желтый – по дешифровочным признакам объект отнесет к вспомогательным, то есть объектам кадастровый учет которых не обязателен. На рис. 4 приведен пример визуализации маркировки объектов недвижимости в зависимости от присвоенного статуса.

5. По результатам присвоения статусов объектов готовятся уведомления для собственников земельных участков, на которых выявлены объекты, сведения о которых отсутствуют в ЕГРН.

Данный способ выявления незарегистрированных объектов недвижимости является экономически выгодным, поскольку среднерыночные цены показывают, что проведение съемок с БПЛА для получения аэрофотоснимков дешевле проведения полевых геодезических работ, при условии проведения съемки обширной терри-

тории. При этом также стоит учитывать, что в данном случае цель проведения работ лишь в выявлении незарегистрированных объектов, а не уточнение координат их характерных точек. Кроме того, применение данной технологии позволяет анализировать причины отсутствия в ЕГРН сведений об объектах посредством сопоставления информации об объектах капитального строительства в инвентарных делах БТИ с информацией ЕГРН.



Рис. 4. Пример визуализации маркировки объектов после присвоения статуса [7]

Помимо возможности выявления незарегистрированных объектов недвижимости на сегодняшний день также рассматривается возможность определения координат характерных точек объектов с использованием аэрофотоснимков [8]. Принципиальная схема выполнения таких работ представлена на рис. 5.

Возможность определения координат характерных точек объектов с использованием аэрофотоснимков была изучена, в частности, на примере населенного пункта «Озерный» в пригороде Новосибирска. По завершению работ в результате вычислений СКП определения длин линий, а также координат точек по аэрофотоснимку составила 0,22 м [8]. Таким образом данное исследование демонстрирует возможность использования аэрофотосним-

ков для целей установления координат характерных точек границ, для которых установлены требования к точности ниже 0,2 м [9]. Применение данного способа целесообразно для установления границ земельных участков, относящихся к категории земель сельскохозяйственного назначения, так как данные земельные участки распространяются на большие территории, и съемка таких земельных участков является весьма дорогостоящей, а также трудо- и время затратной. При этом развитие технологий беспилотной съемки и как следствие повышение пространственного разрешения аэрофотоснимков способствует возможности их использования в целях определения координат характерных точек объектов, расположенных на землях любой категории.

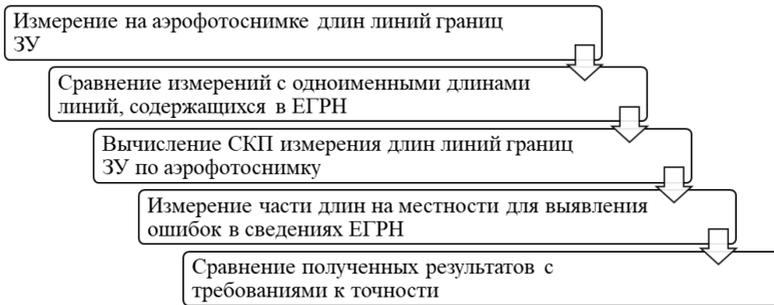


Рис. 5. Принципиальная схема определения координат характерных точек объектов с использованием аэрофотоснимков

Кроме сведений непосредственно об объектах недвижимости, в ЕГРН также должны включаются сведения о территориальных зонах, зонах с особыми условиями использования территорий и границах публичных сервитутов, то есть объектах, подпадающих под правовые нормы ограничений, возникающих в силу определенного размещения других объектов [1]. Несмотря на то, что информация о данных ограничениях часто отсутствует в составе сведений ЕГРН, ее значение в принятии решений, связанных с управлением земельными ресурсами, очень велико, что вызывает необходи-

мость создания ГИС, предназначенной для сбора, систематизации, хранения и анализа данных обо всех ограничениях, а также их обработки и предоставлении информации о потенциальных ограничениях в графической форме всем заинтересованным пользователям [10]. В табл. 1 представлены структурные звенья такой ГИС с присущими характеристиками каждой базы данных.

Таблица 1

**Структура геоинформационной системы
потенциальных земельно-правовых ограничений**

Наименование базы данных		Объект	Вид содержащейся информации
Нормативные акты и параметры		Действующие и потенциальные зоны, объекты-индикаторы	Данные, необходимые для контроля за внесением сведений во все базы данных Карты ограничений
Карта ограничений	Действующие зоны	Земельно-правовые ограничения, внесенные в ЕГРН	Векторные данные о границах действующих зон и семантические данные о параметрах действующих земельно-правовых ограничениях
	Потенциальные зоны	Потенциально предполагаемые к размещению ограничения	Векторные данные о границах потенциальных зон и семантические данные об их параметрах
	Объекты-индикаторы	Объекты, в связи с размещением которых обрзается ограничения	Векторные данные о размещении объектов-индикаторов и семантические данные об их характеристиках

Реализация ГИС потенциальных земельно-правовых ограничений позволит контролировать процесс внесения в ЕГРН сведений о территориальных зонах, зонах с особыми условиями использо-

вания территорий и публичных сервитутах, поскольку путем сопоставления ее данных и данных ЕГРН можно будет выявлять те зоны, сведения о которых еще не внесены в ЕГРН, и оперативно вносить их. Несмотря на то, что в соответствии с действующим законодательством такие земельно-правовые ограничения как например зоны с особыми условиями использования территорий считаются установленными, измененными или прекращенными с момента внесения соответствующих сведений в ЕГРН [11], сложившаяся судебная практика свидетельствует о том, что отсутствие в ЕГРН сведений о таких зонах не освобождает от обязанностей исполнения ограничений, действующих на их территории [12]. Таким образом реализация ГИС потенциальных земельно-правовых ограничений повлияет на повышение эффективности принятия решений в сфере земельно-имущественных отношений.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что самым наглядным методом выявления некорректных сведений ЕГРН является анализ графических данных ПКК. При этом существующие предпосылки к внедрению в программный код ПКК описанных алгоритмов, кроме того, сделают данный метод еще и самым оперативным. Скорректированные сведения после исправления реестровых ошибок с ПКК смогут автоматически вноситься в состав общих сведений ЕГРН, при одновременном уведомлении правообладателя об исправлении такой ошибки. До внедрения описанных выше алгоритмов метод ручного дешифрирования аэрофотоснимков тем не менее остается весьма конкурентоспособным. Помимо его экономической выгоды в сравнении с традиционными геодезическими работами, проведение съемок с БПЛА само по себе занимает меньше времени, а значит материалы будут быстрее переданы специалистам для камеральной обработки. Реализация специализированных ГИС в свою очередь позволит не только контролировать процесс внесения в ЕГРН сведений об определенных объектах, но и повлияет на повышение эффективности принятия решений в сфере земельно-имущественных отношений. При этом стоит отметить, что широкое распространение применения аэро-

фотоснимков для целей актуализации баз данных ЕГРН возможно только при условии непрерывного повышения качества их пространственных данных, для соответствия нормативным требованиям к точности [9].

Литература

1. Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 № 218-ФЗ (ред. от 30.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2021). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/ (дата обращения: 04.03.2021).
2. Антипов И. Т., Антонович К. М., Асташенков Г. Г., Вылегжанина В. В., Гиниятов И. А. О некоторых результатах выявления реестровых ошибок, препятствующих государственной регистрации прав // Научный журнал «Вестник СГУГиТ». 2018. № 2 (23). С. 143–152.
3. Демидова П.М., Рыбкина А.М. Классификация реестровых ошибок, содержащихся в едином государственном реестре недвижимости // Научно-практический журнал «Московский экономический журнал». 2019. № 3. С. 66–71.
4. Публичная кадастровая карта URL: <https://pkk.rosreestr.ru/#/search/> (дата обращения: 30.11.2020г.).
5. Мирошникова О. А., Хлебникова Е. П. Анализ информационного наполнения публичной кадастровой карты по регионам Российской Федерации // Научный журнал «Вестник СГУГиТ». 2016. № 2 (34). С. 127–142.
6. Журавлев Г. Р., Шаповалов Д. А. Принципы и предложения использования результатов аэрофотосъемки, полученных с помощью БПЛА, в целях выявления незарегистрированных объектов недвижимости // Научно-практический журнал «Московский экономический журнал». 2020. № 6. С. 135–143.
7. Журавлев Г. Р. Технология выявления незарегистрированных объектов недвижимости // Научно-практический журнал «Московский экономический журнал». 2019. №7. С. 58–67.
8. Афонин Ф. К., Ильин А. С., Труханов А. Э. Исследование возможности применения космических снимков для определения местоположения границ земельных участков // Вестник СГГА. 2014. № 3 (27). С. 96–101.
9. Приказ Росреестра «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места» от 23.10.2020 № П/0393 (Зарегистрировано

в Минюсте России 16.11.2020 № 60938). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368160/ (дата обращения: 04.03.2021).

10. Гуров А. Ф., Лебедев П. П., Лукьянова Т. С., Сизов А. П. Геоинформационный ресурс региона потенциальные земельно-правовые ограничения территории // Научно-практический журнал «Московский экономический журнал». 2018. № 5 (1). С. 86–92.

11. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 15.10.2020). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 04.03.2021).

12. Определение Верховного суда Российской Федерации по делу № А71-15106/2014 от 27.09.2016 № 309-ЭС16-5381. URL: <https://legalacts.ru/sud/opredelenie-verkhovnogo-suda-rf-ot-27092016-po-delu-n-309-es16-5381-a71-151062014/> (дата обращения: 04.03.2021).

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

Ангелов К. К., Моров В. В.

Влияние неравномерности притока сточных вод на работу
городских очистных сооружений систем водоотведения 3

Андреев А. А., Шарипов Т. Р.

О фактическом режиме водопотребления в многоквартирном
жилье 8

Башурина Е. Е.

Разработка подхода для повышения эффективности
проектно-исследовательских работ с учетом согласования
проекта НВК 16

Дмитревский Д. А., Столбихин Ю. В.

Моделирование ситуаций возникновения воздушных
мешков во всасывающих линиях насосов 22

Коугия Я. А.

Сравнительная характеристика биогазовых
установок в условиях северо-западного региона России 27

Лысанова В. Д., Столбихин Ю. В.

Моделирование струи городского фонтана 33

Лю Сюэлян, Столбихин Ю. В.

Регулирование расхода поверхностного стока
с помощью устройств LID в программе SWMM 38

Мандров А. П., Телятникова А. М.

Модели и методы расчета диффузии газов от сооружений
на сетях канализации 46

Йестин Джаред Матура

Water crisis in developing nations and possible ways
to provide these nations with clean drinking water 54

Морозов А. Н.

Выявление основных причин выхода из строя КНС
на ливневой канализации на предприятиях различного профиля 59

Мухаметшина Д. Т., Корнеева Е. А.	
Цифровое моделирование притока грунтовых вод к дренажу	65
Петрова Т. П.	
Состояние атмосферного воздуха республики Саха (Якутия)	73
Соловьёва К. О., Верхотуров В. П.	
Изучение состава оборотной воды после микродугового окислирования титановых сплавов	77
Чернышкова У. С., Тимофеева В. В.	
Анализ методов расчета отстойников с тонкослойными модулями	82

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Боброва Д. А.	
Выбор лучшей системы отопления для ресторанов с большим процентом остекления наружных ограждений.	90
Демиденко Е. М., Бирюзова Е. А.	
Исследование особенностей применения кожухотрубных водоподогревателей в системах теплоснабжения	99
Дружинина Т. А.	
Численное моделирование вентиляционных процессов в спа-комплексе	104
Зворыкин М. В., Хамидулин М. Г.	
Снижение нагрузки на систему отопления при реконструкции здания	112
Ижорский Д. И.	
Анализ отечественных и зарубежных нормативных документов в области микроклимата	117
Ильин Е. А.	
Сравнительный анализ результатов численного моделирования и инженерного метода расчета параметров приточной настилающей неизотермической струи на примере воздухораспределителя TROX WDV 600X24	125
Клубникова К. В.	
Показатели надежности котельных	137

Копылов К. А.

Моделирование процесса горения автомобиля
при въезде на подземную автостоянку 143

Литвинова А. С., Федосова Е. В.

Законодательное обоснование применения
рекуперации в системах теплоснабжения зданий
(в том числе спортивного назначения) 151

Львова Л. А.

Повышение энергоэффективности системы
теплоснабжения на Крайнем Севере. 159

Микляева А. Е.

Исследование схем организации воздухообмена
в конференц-зале в теплый период года 168

Петров Н. А.

Анализ вариантов создания комфортного
микроклимата плавательного бассейна 173

Попов В. Ю.

Моделирование воздушного потока, поступающего
в помещение от локального рециркуляционного
воздухораспределителя. 179

Родионова Е. В., Бирюзова Е. А.

Разработка рекомендаций по реконструкции
и дальнейшему развитию системы централизованного
теплоснабжения г. Приморска 186

Сафеева И. С.

Сравнение труб «Изопрофлекс-А» и «Сталь в ППУ». 193

Симушин А. П., Бирюзова Е. А.

Изменение величины нагрузки на промежуточные
неподвижные опоры тепловой сети при установке
различных видов и типов компенсаторов. 199

Никитина А. А.

Модернизация узла учета тепловой энергии 205

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

- Пилипенко Е. Д.**
Концепт мини-ГАЭС на основе существующих
типовых проектов водонапорных башен 212
- Шарякова О. Л., Евстафьева М. В.**
Передовые технологии интеллектуальных зарядных станций
для электрических транспортных средств 223

СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

- Агаханов Р. Р.**
Опыт организации местного самоуправления 235
- Блинчиков Н. В.**
Влияние апартментов на развитие современного города 240
- Шаповалова Н. В.**
Анализ рынка жилой элитной недвижимости
Санкт-Петербурга 246
- Симанов Д. А.**
Особенности формирования водоохранных зон
и установления границ прибрежных защитных полос 251
- Танская А. О.**
Ценообразующие факторы кадастровой стоимости
земельных участков с учетом региональных особенностей 258
- Виноградова П. Ф., Иванько Ю. В.**
Проблемы нерационального использования земель
сельскохозяйственного назначения 267
- Куличева Д. Н.**
Применение графических данных при актуализации
сведений единого государственного реестра недвижимости 274

Научное издание

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Материалы III Региональной научно-практической
конференции – магистерские слушания

15–19 марта 2021 года

Компьютерная верстка *В. С. Весниной*

Подписано к печати 19.04.2021. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$, Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 16,86. Тираж 300 экз. Заказ 43. «С» 19.

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.