



ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сборник материалов научных трудов

*САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ*

*АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ, 2020*

2020

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Сборник материалов научных трудов

Санкт-Петербург
2020

УДК 69(063)

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент *Быкова Елена Николаевна*
(Санкт-Петербургский горный университет);
канд. техн. наук *Безруких Владимир Юрьевич*
(ООО «Балткотломаш СПб»)

Инженерные системы и городское хозяйство : сборник материалов научных трудов; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2020. – 437 с. – (Сер.: «Инженерные системы и городское хозяйство»). – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1041-1

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*;
д-р техн. наук, профессор *Т. А. Дацюк*;
канд. техн. наук, доцент *А. В. Кудрявцев*;
канд. техн. наук, доцент *В. В. Резниченко*;
канд. техн. наук, доцент *В. А. Пухкал*;
канд. воен. наук, доцент *В. В. Цаплин*;
канд. техн. наук, ст. преподаватель *Я. А. Волкова* (ответственный редактор)

ISBN 978-5-9227-1041-1

© Авторы статей, 2020
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2020

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

УДК 621.789;621.793

София Эдуардовна Бречкина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: brechkina5@yandex.ru

Sofia Eduardovna Brechkina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: brechkina5@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ СТОЧНЫХ ВОД В КОЛЛЕКТОРАХ, РАБОТАЮЩИХ В НАПОРНЫХ РЕЖИМАХ

RESEARCH OF METHODS FOR MEASURING WASTE WATER COSTS IN COLLECTORS WORKING IN PRESSURE MODES

Особенностью работы главного канализационного коллектора при отводе поверхностных сточных вод от разных бассейнов с неодинаковой нагруженностью является напорный режим.

В данной научной статье приведен обзор и анализ методов измерения расходов сточных вод в коллекторах систем водоотведения. Выделены недостатки рассматриваемых методов. Для более подробного ознакомления с методами приведены графические материалы. Определен перечень методов измерения, которые могут применяться для измерения расходов сточных вод в коллекторах, работающих в напорных режимах. Установлен метод измерения расходов сточных вод в напорных коллекторах, применение, которого позволит уменьшить вероятность подтопления территорий в бассейнах водоотведения в результате выхода воды на поверхность при работе коллекторов в напорных режимах.

Ключевые слова: сточные воды, коллектор, расходомер, расход сточных вод, уровень сточных вод

The main feature of the main sewer collector when discharging surface wastewater from different pools with different loading is the pressure mode.

This scientific article provides an overview and analysis of methods for measuring wastewater flow rates in sewer system collectors. The disadvantages of the considered methods are highlighted. For a more detailed familiarization with the methods given graphic materials. A list of measurement methods that can be used to measure wastewater flow rates in collectors operating in pressure modes is determined.

A method has been established for measuring wastewater discharges in pressure head collectors, the application of which will reduce the likelihood of flooding of territories in drainage basins as a result of water coming to the surface when collectors work in pressure conditions.

Keywords: wastewater, collector, flow meter, wastewater flow rate, wastewater level.

Системы водоотведения поверхностного стока в соответствии с заложенными в нормативной литературе методами рассчитываются на отведение дождей, которые характеризуются интенсивностью i (мм/мин), продолжительностью t (мин) и периодом однократного превышения p (год) расчетной интенсивности дождей. Параметры расчетных дождей определяются исходя из многолетнего опыта по наблюдениям и индивидуализациям для каждой местности. Например, в Санкт-Петербурге расчетным будет являться дождь с интенсивностью 7.2 мм за 20 минут. При этом, период p ее однократного превышения будет зависеть от условий прокладки участков сетей и в разных городских районах может иметь существенные изменения.

Интенсивность выпадения дождя, превышающая расчетные, фактический расход стока на участках трубопроводов превышает предельный и они переходят из безнапорного в напорный режим работы, когда пьезометрический уровень воды поднимается выше шельги труб. При этом, если в бассейне водоотведения не устроены ливнеспуски, с помощью которых сбрасывают сточные воды в водоемы при достижении ими максимально допустимого уровня, то здесь имеет быть риск возможности выхода воды на поверхность с затоплением городских территорий [1–3]. Например, в Санкт-Петербурге зафиксировано 17 мест таких подтоплений, а в Москве – 470.

Сверхрасчетные дожди являются не единственной причиной подтоплений. Похожие ситуации могут происходить в результате реализации уплотнительных застроек, увеличивающих расходы поверхностного стока, в результате образования наносов в трубопроводах авариях и поступления дополнительных притоков из-за разгерметизации трубопроводов и т. п. [4,5].

Во всех ситуациях для обоснования инженерных решений по предотвращению подтоплений необходимо оценить пределы изменения расхода в подводящем к очистным сооружениям коллекторе в период проходящих интенсивных и сверхрасчетных дождей. Необходимо произвести измерения притока для такого вида расчетов. Исходя их вышеперечисленного тема данной статьи будет посвящена исследованию известных методов измерения расходов сточных вод.

Первый метод – с применением расходомеров для измерения в безнапорных трубопроводах, представляющие собой измерительные комплексы [6], включающие в себя, см. рис. 1:

- контроллер, осуществляющий вычисление расхода и объёма, измеряемого потока воды.
- измеритель скорости потока;
- датчик уровня, позволяющий измерить в трубопроводе уровень наполнения воды, на основании которого рассчитывалась площадь.

В результате измерений погрешность по скорости составляла $\pm 0,5\%$, а погрешность по уровню $\pm 1\%$.

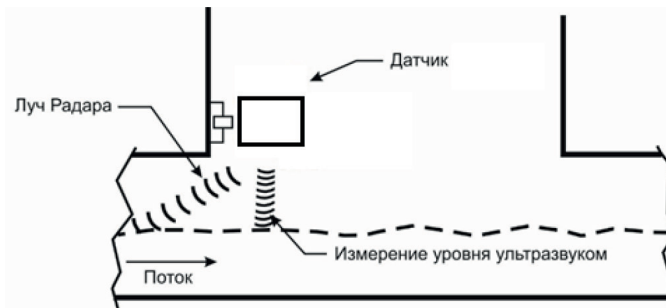


Рис. 1. Схематичное расположение расходомера

Одним из недостатков данного метода является ограниченная область применения: он работает только в условиях безнапорного

движения воды, т. к. при переходе в напорный режим измеритель скорости потока перестает работать.

Второй метод применяется на канализационных насосных станциях. Известны «Способ определения притока воды» [7] и «Способ определения расхода воды» [8, 9], разработанные в ВИ(ИТ). Суть данного метода состоит в том, что для определения графика расхода воды, поступающей на КНС, выполняют: вычисление среднего расхода $q_k^{\text{средн.}}$ (расходомером или объемным способом) во время заполнения приемного резервуара в k -цикле; формируют множество n пар значений расходов $q_k^{\text{средн.}}$ и соответствующих им аргументов в виде времени t , а график притока сточных вод определяют в виде функции $q = f(t)$, которая в точках $t_0, t_1, \dots, t_k, \dots, t_n$ принимает значения, как можно более близкие к значениям $q_0^{\text{средн.}}, q_1^{\text{средн.}}, \dots, q_k^{\text{средн.}}, \dots, q_n^{\text{средн.}}$, или равные этим значениям.

Все известные способы имеют ограниченную область применения, поскольку могут работать только в условиях неподтопления подводящего коллектора. Наибольший интерес представляет максимальный(расчетный) расход.

Именно по этим причинам в ВИ(ИТ) разработан **третий метод** оценки фактического притока стока в условиях его регулирования или работы подводящего коллектора в напорном режиме [10], суть которого предусматривает осуществление работ в пять этапов.

Первом этапе в экспериментальном режиме происходит исследование общей работы ГНС, а также подводящего коллектора(рис. 2). В режиме реального времени с производится определение подачи $Q_{\text{гнс}}$ ГНС, объема воды $V_{\text{рез}}$ в резервуаре и коллекторе до щита, уровня $H_{\text{кол}}$ воды в коллекторе с заданной непрерывностью.

Вторым этапом определяется зависимость изменения регулирующего объема воды $dV_{\text{кол}}$ в коллекторе перед щитом от изменения уровня $dH_{\text{кол}}$ перед щитом. с применением гидравлической динамической модели с помощью экспериментов устанавливается зависимость изменения регулируемого объема воды $dV_{\text{кол}}$.

Третьим этапом осуществляется определение $Q_{\text{пр}}$ притока воды в коллектор на каждом этапе времени. Балансовое уравнение выглядит следующим образом:

$$Q_{\text{пр}} \cdot dt = Q_{\text{гнс}} \cdot dt + dV_{\text{рез}} + dV_{\text{кол}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – приток воды в коллектор, тыс. м³/ч; $Q_{\text{гнс}}$ – подача ГНС, тыс. м³/ч; $dV_{\text{рез}}$ – изменение объёма воды в резервуаре и коллекторе до щита, м³; $dV_{\text{кол}}$ – изменение объёма воды в коллекторе перед щитом, м³.

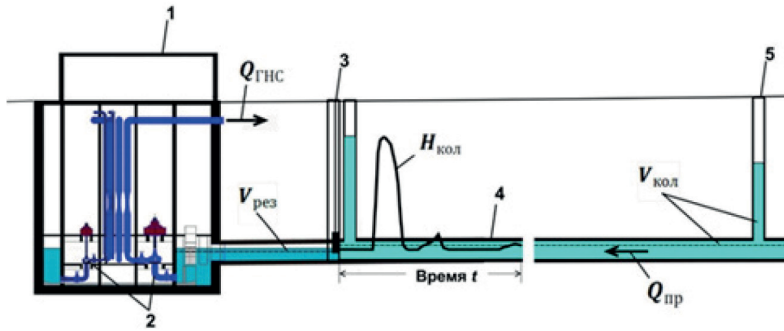


Рис. 2. Технологическая схема отведения и перекачки поверхностного или общесплавного стока: 1 – ГНС; 2 – насосы ГНС; 3 – щит; 4 – подводящий коллектор; 5 – шахты (колодцы) подводящего коллектора

Четвёртым этапом в виде вероятности не превышения притока с помощью выявления всех устанавливающих расчетов в ходе выполнения третьего этапа, идет осуществление определения вероятностно – технологических показателей фактического притока.

Новелла данного метода подтверждена патентом РФ на изобретение [11]. Она апробирована при - инструментальном исследовании фактических гидравлических режимов притока сточных вод на ГНС Северной станции аэрации (ССА), центральной станции аэрации (ЦСА) и Юго-Западных очистных сооружений ГУП

«Водоканал Санкт-Петербурга». В данной статье особенности ее применения приведены на примере результатов инструментального исследования фактических гидравлических режимов притока сточных вод на ГНС ССА.

С помощью первого этапа проведено эксперимент, суть которого состояла в исследовании режимов совместной работы подводящего коллектора и ГНС, (рис. 2). С непрерывностью в одну минуту произведено определение подачи $Q_{\text{ГНС}}$ ГНС, объема воды $dV_{\text{рез}}$ в резервуаре и коллекторе до щита, уровня $H_{\text{кол}}$ воды в коллекторе в режиме реального времени. Получение данных происходило с помощью архива баз данных системы управления автоматизированной ГНС ССА за два предыдущих года.

С помощью второго этапа с использованием гидравлическо-динамической модели (с помощью программы MIKE URBAN) экспериментально определяется зависимость изменения регулирующего объема воды $dV_{\text{кол}}$ в коллекторе перед щитом от изменения ее уровня $dH_{\text{кол}}$ (см. рис. 3):

$$dV_{\text{кол}} / dt = 140,06 \ln(dH_{\text{кол}}) + 2235,5,$$

где $H_{\text{кол}}$, – уровень воды в коллекторе перед щитом, м.

На третьем этапе в каждый момент времени определяется $Q_{\text{пр}}$ приток воды в коллектор:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{ГНС}} + dV_{\text{рез}} / dt + dV_{\text{кол}} / dt.$$

Результаты такой оценки в момент поступления на ГНС нерасчётного притока приведены на рис. № 3. Исходя из рисунка можно установить, что в период суток с 12.30 до 13.30 приток $Q_{\text{пр}}$ превышает фактическую подачу ГНС – $Q_{\text{ГНС}}$ в два раза. Хотя поступление нерасчётного стока происходит в течение небольшого периода времени и напоминает волну.

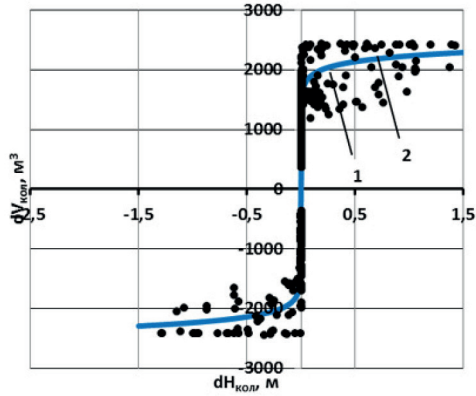


Рис. 3. Изменение объёма воды $dV_{\text{колл}}$ в коллекторе в зависимости от ее уровня измерения $dH_{\text{колл}}$ перед щитом в динамическом режиме:
 1 – экспериментальные точки; 2 – аппроксимация

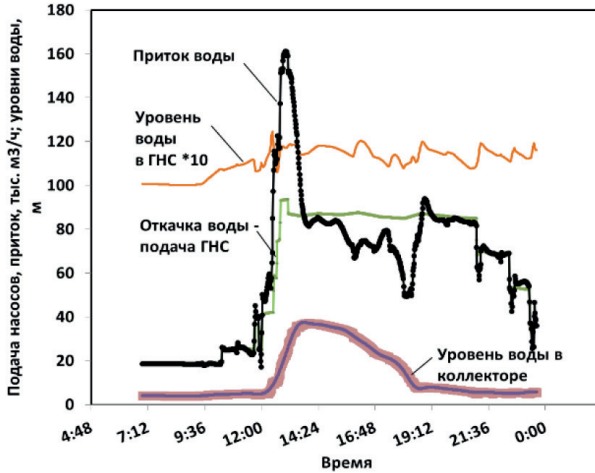


Рис. 4. Результат определения притока воды, поступающего на ГНС во время интенсивного выпадения осадков

Недостатком второго метода является невозможность его применения для оперативного измерения притока в режиме реального времени. Поэтому был разработан **четвертый метод** измерения фактического притока стока в условиях его регулирования или работы подводящего коллектора в напорном режиме [12], который предусматривает выполнение работ в четырех стадиях:

На первом стадии осуществляется разработка гидравлической модели совместной работы экспериментального главного коллектора и главной насосной станции;

На втором этапе проводится калибровка гидравлической модели по результатам сравнения результатов моделирования и натурных измерений;

На третьем этапе проводится исследование с применением гидравлической модели объемно-уровневых характеристик главного канализационного коллектора посредством построения графической зависимости уровня воды в коллекторе в зависимости ее объема, см. рис. 5, 6;

На четвертом этапе проводится исследование с использованием гидравлической модели объемно-расходной характеристики главного коллектора с помощью построения графической зависимости изменения расхода сточных вод, поступающих в главный коллектор в режиме реального времени, в зависимости от значений измеряемых уровней воды в двух точках и динамики изменения объема аккумулированной воды, см. рис. 7

В качестве недостатка этого метода можно отметить необходимость устройства двух узлов измерения уровней воды.

Вывод

Исследованы разработанные методы измерения расходов сточных вод. Установлено, что для измерения расходов в напорном режиме в Санкт-Петербурге может быть применен метод, предусматривающий измерение уровня воды только в конце коллектора (перед ГНС).

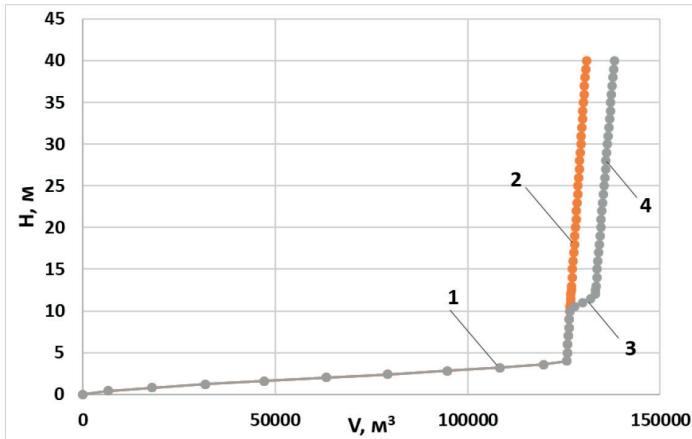


Рис. 5. График характеристик тоннельного канализационного коллектора с учетом объемно-высотных свойств: 1 – главный трубопровод; 2 – шахты главного коллектора; 3 – ответвление от главного канализационного коллектора; 4 – шахты главного коллектора и ответвления

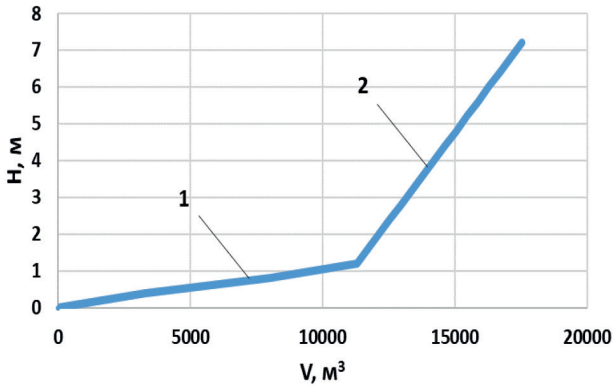


Рис. 6. Образец объемно-высотных свойств уличных коллекторов, проложенных открытым способом: 1 – главный трубопровод; 2 – колодцы главного коллектора

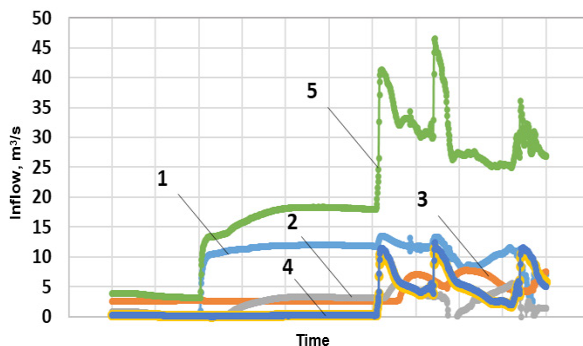


Рис. 7. Итоговые результаты изменений транзитного и попутного притока сточных вод с течением времени на участок коллектора:
1 – транзитный приток; 2, 3, 4 – попутные притоки, 6 – суммарный приток

Литература

1. Методика оценки риска и объемов аварийных сбросов сточных вод в окружающую среду. Ивановский В. С., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н.В., Гринёв А.П. Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. 2015. № 649. С. 167-174.
2. Применение вероятностно-статистических методов при определении требуемой производительности узлов регулирования общесплавных систем водоотведения. Кармазинов Ф. В., Житенев А. И., Шунто И. П., Кузьмин В. А., Спиваков М. А., Пулин О. В., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В. Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 11. С. 4–10.
3. Методика оценки риска и объемов аварийных сбросов сточных вод в окружающую среду. Ивановский В. С., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В., Гринёв А. П. Труды Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского. 2015. № 649. С. 167–174.
4. Система для определения показателей надёжности сетей водоснабжения. Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Ивановский В. С., Путилин П. А., Саркисов С. В., Кузнецов П. Н., Кузнецова Н. В., Обвинцев В. А. Патент на изобретение RU 2600548 C1, 20.10.2016. Заявка № 2015130136/08 от 21.07.2015.
5. Способ обеспечения надежности очистки сточных вод от соединений азота и фосфора/ Васильев Б. В., Трухин Ю. А., Рублевская О. Н., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю. Патент на изобретение RU 2440306 C1, 20.01.2012. Заявка № 2010124223/05 от 11.06.2010.

6. Расход сточной жидкости в безнапорных трубопроводах. Методика измерений. МИ 2220-96. – М.: НИИ КВОВ, 1996. – 7 с.

7. Способ определения притока воды: пат. 2563905 Рос. Федерация: МПК G01F 1/00 (2006.01) / А. П. Гринев, В. С. Игнатчик, С. Ю. Игнатчик, Н. В. Игнатчик, Ю. А. Ильин; заявитель и патентообладатель Ассоциация инженеров и ученых по водоснабжению и водоотведению. – № 2014125667/28; заявл. 24.06.2014; опубл. 27.09.2015, Бюл. №27 – 10 с., 5 л. ил.

8. Способ определения расхода воды: пат. 2566419 Рос. Федерация: МПК G01F 1/00 (2006.01) / А. П. Гринев, В. С. Игнатчик, С. Ю. Игнатчик, Н. В. Игнатчик, Ю. А. Ильин; заявитель и патентообладатель Ассоциация инженеров и ученых по водоснабжению и водоотведению. – № 2014125666/28; заявл. 24.06.2014; опубл. 27.10.2015, Бюл. №30 – 9 с., 5 л. ил.

9. Результаты экспериментального исследования неравномерностей поступления сточных вод. Гринёв А. П., Игнатчик В. С., Ивановский В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В. Труды Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского. 2015. № 649. С. 153–158.

10. Методика оценки фактического притока общесплавных систем водоотведения. Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В. Евразийский союз ученых. 2015. № 4–4 (13). С. 56–58.

11. Система диагностики расхода воды / Игнатчик В. С., Ивановский В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В. / Патент на изобретение RUS 2557349 от 20.07.2015, Бюл. № 20.

12. Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В., Феськова А. Я., Сенюкович М. А. Результаты исследования напорных режимов канализационных коллекторов. Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 4 (80). С. 88–95.

УДК 628.132

Елизавета Дмитриевна Григорьева,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: elizaveta.grigorevvva
@yandex.ru

Elizaveta Dmitrievna Grigoryeva,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: elizaveta.grigorevvva
@yandex.ru

СРАВНЕНИЕ БЕЗБАШЕННОЙ СХЕМЫ И СХЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ В ВОДОСНАБЖЕНИИ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

COMPARISON OF A SCHEMES WITH AND WITHOUT USE OF A WATER TOWER IN THE WATER SUPPLY OF SMALL SETTLEMENTS

В статье приведено сравнение схем водоснабжения малых населенных пунктов с использованием водонапорной башни в водоснабжении малых населенных пунктов. Одним из наиболее распространенных технических решений в российских инженерных системах являются водонапорные башни. они наиболее широко используются для водоснабжения относительно небольших населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Однако водонапорные башни имеют свои недостатки, вызывающие вопросы целесообразности их применения. Проблемой при использовании стандартной автоматики водонапорных башен являются переливы, несвоевременные отключения или, наоборот, многократное включение насосов. Рассмотрена экономическая целесообразность замены системы водоснабжения с аккумулирующей емкостью на автоматические системы частотного регулирования.

Ключевые слова: режим работы, водоснабжение, водоснабжение малых населенных пунктов, аккумулирующая емкость, насосная станция, водопотребление, частотное регулирование, оптимизация.

The article presents a comparison of water supply schemes for small settlements with the use of a water tower in the water supply of small settlements. One of the most common technical solutions in Russian engineering systems is water towers. they are most widely used for water supply of relatively small settlements, industrial and agricultural enterprises. However, water towers have their disadvan-

tages that raise questions about the feasibility of their use. The problem when using standard automation of water towers is overflows, untimely disconnections or, conversely, multiple switching on of pumps. The economic feasibility of replacing a water supply system with a storage capacity with automatic frequency control systems is considered.

Keywords: operation mode, water-supply, water supply of small settlements, accumulating capacity, pumping station, water consumption, frequency regulation, optimization.

Сегодня, по разным оценкам, порядка 25% мирового потребления всей вырабатываемой электроэнергии приходится на насосное оборудование. Затраты на электроэнергию при этом составляют до 85% суммарных затрат на эксплуатацию насосного оборудования. Наряду с этим, КПД насосных установок зачастую не превышает и 15%, в то время как КПД насосов составляет 50-90%.

Поскольку снижение энергопотребления является приоритетной задачей для организаций жилищно-коммунального хозяйства, экономическая эффективность системы водоснабжения и канализации в целом напрямую связана с использованием насосного оборудования.

Более 90% общего энергопотребления в системах водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов составляют системы перекачки природных, питьевых, промышленных вод, подачи реагентов и воздуха. В связи с быстрым ростом цен на электроэнергию, газ и нефть во всех странах мира, актуальными являются вопросы повышения энергоэффективности систем водоснабжения и канализации, а также их элементов. Это объясняет ужесточение требований международных и европейских стандартов (ISO и En) как к энергоэффективности, так и к качеству насосного оборудования. Например, Международная Ассоциация европейских производителей насосов EUROPUMP представила новую утвержденную схему маркировки насосов. Необходимость такой маркировки была обусловлена тем, что на Востоке и западе Европы существуют большие различия в потреблении энергии и различном уровне технологического развития. Только 20% насосных систем,

установленных в Европейском Союзе, были оптимизированы для потребления энергии [1].

Современная практика показывает, что используемое насосное оборудование крайне неэффективно.

Снижение энергопотребления, являющееся одной из основных задач при модернизации объектов водоснабжения или замене насосного оборудования, решается, прежде всего, за счет обеспечения системной и согласованной работы насосов, работающих в оптимальном режиме энергопотребления.

В водоснабжении небольших населенных пунктов часто прибегали к схеме с использованием водонапорной башней. Данные сооружения позволяют аккумулировать некоторый объем воды для компенсации неравномерности водопотребления и его согласования с работой насосных агрегатов. Водонапорные башни можно чаще встретить именно в малых городах, где они получили широкое применение в виду экономии. Однако, с ходом времени выявился ряд недостатков водонапорных башен: негерметичность, сложность эксплуатации в холодное время года, конструктивные недостатки, высокая стоимость ремонта [2].

Сейчас появилось множество различных способов регулирования работы насосных станций водоснабжения, позволяющих отказаться от использования водонапорных башен.

Почему возникла потребность в отказе от использования водонапорных башен? Много десятилетий в качестве сооружений для регулирования неравномерности водопотребления активно использовались водонапорные башни. Согласно актуализированной редакции СНиП 2.04.02-84, водонапорные башни используют в качестве источника водоснабжения для пожаротушения.

Однако, изначально данные сооружения создавались не только для целей пожаротушения, а как гидротехнические сооружения, позволяющие создать некий запас воды для автономного регулирования водоснабжения. Водонапорные башни целесообразны к использованию в малых населенных пунктах, где ярко выражена неравномерность водопотребления.

В то же время водонапорные башни являются устаревшим конструктивным решением, применение которого экономически оправдано не более чем в 20% случаев фактического использования. Это связано с тем, что водонапорные башни имеют ряд принципиальных недостатков и ограничений: значительные капитальные затраты, трудоемкость эксплуатации, возможные переливные и коррозионные процессы. Одной из наиболее существенных проблем при эксплуатации водонапорных башен является промерзание внутренней поверхности из-за недостаточной циркуляции воды в зимний период, а также образование льда на наружной поверхности башни из-за протечек и переливов. Обледенение приводит к уменьшению рабочего объема башни и увеличению частоты пуска скважинных насосов, нарушению работы датчиков уровня в башне, а также повышает риск повреждения башни при весеннем таянии и обрушении ледяной массы [3]. Таким образом, сегодня большинство башен требуют ремонта, технического ухода, но в большинстве случаев они не подлежат ремонту и их нужно заменить. Как показывает практика ремонт экономически не выгоден.

Возможным вариантом решения вопроса нивелирования разности неравномерности водопотребления и работы насосной станции является использование преобразователей частоты на насосном оборудовании. Преобразователи частоты являются комплектным электротехническим изделием, обеспечивающим регулирование скорости и защиту насосных агрегатов (в том числе насосов ЭЦВ), а также плавный пуск и остановку насосов. Устройства плавного пуска (софтстартеры) обеспечивают более простые функции: они не позволяют регулировать скорость насоса во время работы, но эффективно реализуют плавный пуск, плавную остановку и защиту двигателя насоса. Преимуществом устройств плавного пуска является меньшая стоимость и упрощенные требования к обеспечению электромагнитной совместимости оборудования. Для повышения надежности работы преобразователи частоты и плавные пускатели должны быть оснащены дополнительным коммутационным и защитным оборудованием. Поскольку использование

дополнительного оборудования увеличивает стоимость проекта, его выбор должен быть обоснован. Оборудование должно устанавливаться в шкафах со степенью защиты не ниже IP31, обеспечивать защиту и электромагнитную совместимость.

Некоторая часть насосных станций II подъема в России уже прошла модернизацию и были оснащены энергосберегающими системами частотного регулирования, позволяющих стабилизировать давление и избежать его превышение сверх требуемого, сэкономив тем самым электроэнергию, снизив расход воды и повысив срок службы в целом всего оборудования. Однако наличие неавтоматизированных водозаборов и повысительных насосных станций с забором воды из резервуаров, естественных водоемов и трубопроводов низкого давления позволяет говорить о целесообразности дальнейших работ по программам ресурсосбережения и исключению человеческого фактора.

В процессе расчета различных ситуаций (с водонапорной башней и без нее) выявляется разительное отличие по энергопотреблению и начальным затратам; в случае с водонапорной башней не требуется значительных первоначальных затрат в сравнении с организацией частотного регулирования и обеспечения насосной станции.

На устаревших насосных станциях малой мощности (до 5,5 кВт) используемых в промышленных районах и малых населенных пунктах основным расточительным фактором являются несогласованность работы системы и перебои в водоснабжении, расходы на ремонт, а также завышенный фонд оплаты труда персонала [4].

Насосные станции второго подъема с использованием частотного регулирования давления являются современным, надежным и экономичным решением. Ранее насосные станции второй очереди использовались только в случае, когда необходимо обеспечить высокий расход воды, однако, в настоящее время с развитием автоматизации и технологий строительства, использование систем водоснабжения с подземными резервуарами экономически целесообразно даже при низком расходе воды. Главным преимуществом

таких систем водоснабжения перед водонапорными башнями системы Рожновского является принцип незамерзания и высокий срок службы без капитального ремонта.

В процессе оценки целесообразности внедрения частотно-регулирующей автоматики на насосах 55 кВт станции II подъема в селе Николаевка было установлено, что подобная модернизация позволила обеспечить экономичную ночную подачу воды, а снижение давления в трубопроводе с 6 атм до 5 атм позволило обеспечить пониженный расход воды и бесперебойное водоснабжение в течение дня (ранее при расчете схемы с использованием водонапорной башни накопительный резервуар II подъема опустошался к середине рабочего дня). Кроме того, такая реконструкция позволяет снизить общие энергозатраты (15% для магистральных насосов и 8% для скважинных насосов за счет уменьшения количества перекачиваемой воды), исключить 5-кратные скачки пускового тока (пусковые токи снижены с 500А до 105А), снизить статическую гидравлическую нагрузку на трубы за счет снижения давления, а также динамическую нагрузку за счет устранения гидравлических ударов, увеличить механический и электрический ресурс насосного агрегата [5].

Внедрение преобразователей частоты и внедрение автоматизированных систем энергосберегающего управления несколькими насосами позволяет экономично поддерживать давление на заданном уровне, обеспечивать равномерную выработку ресурса, увеличивать срок службы оборудования, а также снижать затраты на техническое обслуживание и ремонт. Такая модернизация водозаборов имеет короткий срок окупаемости (обычно менее 8–12 месяцев) и является одним из наиболее рациональных видов инвестиций в сферу водоснабжения.

Таким образом можно сделать вывод о целесообразности перехода от башенной системы водоснабжения малых населенных пунктов к схеме с использованием частотного регулирования, что позволяет значительно снизить энергозатраты и решить проблемы водоснабжения, часто возникающие в системах с водонапорными

башнями. Немаловажен и момент быстрой окупаемости затрат на переоборудование. Эксплуатирование водонапорных башен требует достаточных экономических и трудовых затрат, которые возможно перенаправить в иное русло и достичь лучших показателей.

Инженерные системы городов, поселков и промышленных предприятий в России это тот сегмент, где все резервы экономии не то что не исчерпаны, а еще только осмысляются. Хотя уже сейчас происходят активные процессы модернизации насосного оборудования, как путем замены на новые модели с более высоким КПД, так и путем применения частотного регулирования.

Литература

1. Вестник Пермского ЦНТИ №7/ Проблемы энергоэффективности в системах водоснабжения и водоотведения. 2011 – 5 с.
2. *Абрамов Н. Н.* / Водоснабжение. Учебник для вузов. / Изд. 2-е. М.: Стройиздат, 1974 - 480 с.
3. *Усаковский В. М.* / Водоснабжение и водоотведение в сельском хозяйстве. / – М.: Колос, 2002. – 328 с.
4. *Эгильский И. С.* / Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды. Издание: «Л.: Стройиздат, Ленинград, 1988.
5. Промэнерго. Водоснабжение сегодня. URL <https://promelectro.net/vodasegodlya> (дата обращения: 07.05.2020).

УДК 628.24:628.292:532.595.2

Тимофей Александрович Егоров, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: egorov-tima@mail.ru

Timofey Aleksandrovich Egorov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: egorov-tima@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ ОБРАТНЫХ КЛАПАНОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА НА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

USE OF ADJUSTABLE CHECK VALVES TO PREVENT HYDRAULIC SHOCK HAZARD ON SEWAGE PUMP STATIONS

В данной статье рассматривается понятие регулируемых обратных клапанов. Приводится назначение данного изделия, рассматриваются основные принципы функционирования данной арматуры, а также указывается целесообразность применения регулируемых обратных клапанов при эксплуатации на канализационных насосных станциях. Приводятся гидравлические и электрические схемы, а также принципы работы данных схем (с кратким описанием) для обеспечения корректной работы регулируемых обратных клапанов. В дополнение приводятся технические характеристики регулируемого обратного клапана модели NR-040 (DN600) с гидравлическим управлением, а также сборочные чертежи данного изделия.

Ключевые слова: гидравлика, гидравлический удар, трубопровод, канализационная насосная станция, регулируемый обратный клапан.

This article discusses the concept of adjustable check valves. The purpose of this product is given, the basic principles of the functioning of this valve are considered, and the feasibility of using adjustable check valves during operation at sewage pumping stations is also indicated. Hydraulic and electrical circuits are given, as well as the operating principles of these circuits (with a brief description) to ensure the correct operation of adjustable check valves. In addition, the technical charac-

teristics of the adjustable check valve model NR-040 (DN600) with hydraulic control, as well as assembly drawings of this product are given.

Keywords: hydraulics, water hammer, pipeline, sewage pumping station, adjustable non-return valve.

Насосные станции систем водоотведения – это комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий отведение сточных вод в соответствие с нуждами потребителя. Насосные станции обеспечивают подачу сточных вод на очистные сооружения, если рельеф местности не позволяет отводить эти воды самотёком. Строительство насосных станций позволяет избежать большого заглубления самотечных коллекторов [1].

Повреждения и аварии в напорных системах с насосными станциями могут происходить при переходных процессах, возникающих при пуске насосных агрегатов, а также их плановой или аварийной остановке [2,3]. При этом появляется вероятность возникновения гидравлического удара в напорных трубопроводах, вызываемая резким закрытием обратного клапана на напорном трубопроводе [4,5]. Поэтому важнейшим и неперенным условием дальнейшего развития водохозяйственных систем различного назначения, а также повышения надежности работы их напорных трубопроводов следует считать создание эффективных средств борьбы с гидравлическими ударами [6].

Актуальность вышеизложенного подтверждается практикой: примером может служить инцидент, произошедший 12.09.1998 года в городе Москве. В этот день произошло аварийное отключение электроснабжения на Люблинской канализационной насосной станции, и в результате инициированного переходного процесса в трубопроводе произошел гидравлический удар. Последствием этого стало механическое разрушение трубопроводных систем, и станция оказалась затопленной сточными водами.

Одним из наиболее эффективных способов предотвращения гидравлических ударов является применение регулируемых обратных клапанов, принципиальное отличие которых от стандартных обратных клапанов (клапанов-захлопок) заключается в том,

что он на последней стадии закрытия не хлопает, а замедляется за счет гидравлического привода, который работает, как доводчик. В результате время закрытия возрастает незначительно, но при этом отсутствует хлопок. Следовательно, уменьшается величина гидравлического удара [7,8].

В данной статье в качестве примера рассмотрен регулируемый обратный клапан модели *NR-040* с гидравлическим управлением.

Клапан модели *NR-040* предназначен для пропуска жидкости в одном направлении и предотвращения её возврата к источнику. Обратный клапан, оснащённый гидравлическим управлением, предотвращает гидравлический удар возвращающейся жидкости [9].

Устанавливают обратные клапаны между напорным патрубком насоса и задвижкой, что позволяет отключать клапаны от напорного трубопровода для периодического их осмотра и ремонта [10].

Конструкция регулируемого обратного клапана *NR-040* с гидравлическим управлением в изометрической проекции, а также в разрезе приведена на рисунках 1 и 2 соответственно [9]:

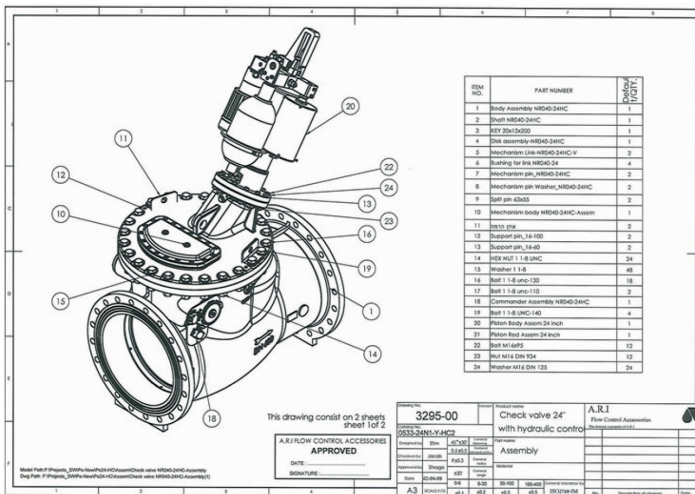


Рис. 1. Конструкция обратного клапана (изометрическая проекция)

Окончание табл. 1

| Пункт № | Номер детали | Количество |
|---------|--|------------|
| 8 | Шайба стержня <i>NR040-24HC</i> | 2 |
| 9 | Шплинт 63*55 | 2 |
| 10 | Корпус механизма в сборе <i>NR040-24HC</i> | 1 |
| 11 | Лодло | 2 |
| 12 | Опорный палец 16-100 | 2 |
| 13 | Опорный палец 16-60 | 2 |
| 14 | Шестигранная гайка <i>11-8 UNC</i> | 24 |
| 15 | Шайба 11-8 | 48 |
| 16 | Болт <i>11-8 unc-130</i> | 18 |
| 17 | Болт <i>11-8 unc-110</i> | 2 |
| 18 | Задачик команд в сборке <i>NR040-24HC</i> | 1 |
| 19 | Болт <i>11-8 unc-130</i> | 4 |
| 20 | Поршень Корпуса в сборке 24 дюйма | 1 |
| 21 | Поршень штока в сборе 24 дюйма | 1 |
| 22 | Болт <i>M16</i> | 12 |
| 23 | Гайка <i>M16 DIN 934</i> | 12 |
| 24 | Шайба <i>M16 DIN 125</i> | 24 |

Клапан состоит из корпуса (1), заслонки (2), которая поворачивается на валу и создаёт сопротивление возвращающемуся столбу воды, а также механизма, который передаёт заслонке программу движения от системы гидравлического управления [9].

Система гидравлического управления состоит из следующих узлов:

1. Гидроцилиндр двухстороннего действия.
2. Интегральный логический блок.
3. Аккумулятор.

4. Насос.

5. Ёмкость для гидравлической жидкости.

Система электроуправления предназначена для координации работы гидравлической системы в соответствии с работой сети (насосной станции).

Ниже приводится описание работы изделия. Для понимания того, каким образом функционирует регулируемый обратный клапан, приводятся электрические и гидравлические схемы, которые представлены на рисунках 3 и 4 соответственно [9].

Электрическая схема:

Фаза открытия: через некоторое время (несколько секунд, регулируемых таймером TI) после начала работы насоса водовода, начинается работать насос гидравлической системы изделия. Давление в системе поднимается - гидроцилиндр приводит в действие механизм подъёма заслонки. (Скорость подъёма регулируется специальным клапаном). Заслонка поднимается до положения своего максимального открытия (потери водяного столба минимальные) - срабатывает концевой выключатель $LS1$, насос гидравлической системы выключается. Если давление в системе падает, заслонка изделия может несколько опуститься - тут же срабатывает концевой выключатель и гидравлическая система поднимает заслонку в прежнее положение.

Фаза закрытия: если прекращается подача электроэнергии (по непредвиденным обстоятельствам или по желанию) – гидравлическая система обесточивается - заслонка опускается, но не мгновенно, а в специальном режиме. Обесточенный соленоид $SV1$ открывает специальный кран в гидравлической системе, и заслонка опускается с разными скоростями при разных углах открытия (и угол открытия и скорость регулируются при помощи кулачка и специального гидравлического клапана в соответствии с данными анализа водовода).

Настройка системы вначале производится по теоретическим данным, а затем корректируется на месте практически. Это обеспечивает корректную работу системы, так как настройка по месту применения всегда имеет приоритет над заводской.

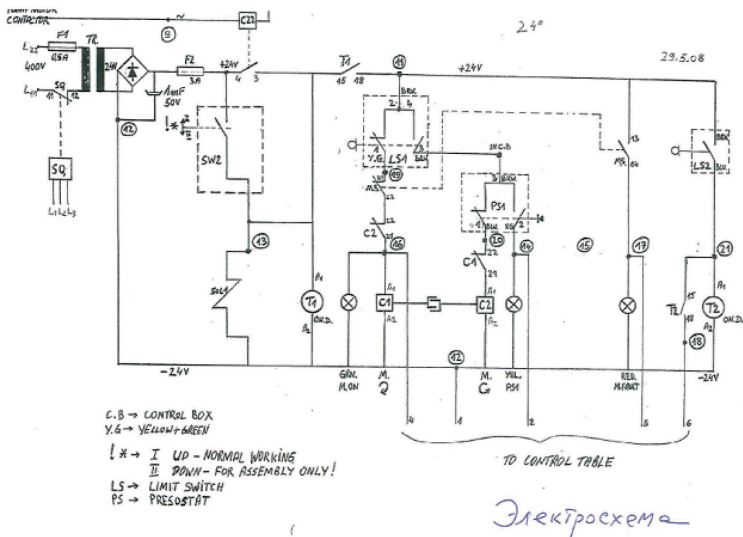


Рис. 3. Электрическая схема регулируемого обратного клапана NR-040

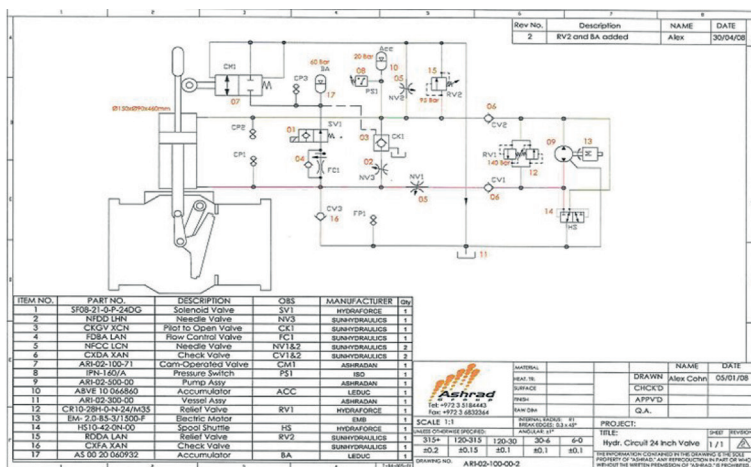


Рис. 4. Гидравлическая схема регулируемого обратного клапана NR-040

В таблице 2 приведен перечень элементов гидравлической схемы обратного клапана [9]:

Таблица 2

Перечень элементов гидравлической схемы обратного клапана NR-040

| Пункт № | Описание | Обозначение | Производитель | Количество |
|---------|-------------------------------|-------------|---------------|------------|
| 1 | Соленоидный клапан | SV1 | Hydroforce | 1 |
| 2 | Игольчатый клапан | NV3 | Sunhydraulics | 1 |
| 3 | Поршень открытия клапана | CK1 | Sunhydraulics | 1 |
| 4 | Клапан регулирования потока | FC1 | Sunhydraulics | 1 |
| 5 | Игольчатый клапан | NV1&2 | Sunhydraulics | 2 |
| 6 | Обратный клапан | CV1&2 | Sunhydraulics | 2 |
| 7 | Управляемый кулачком клапан | CM1 | Ashradan | 1 |
| 8 | Реле давления | PS1 | ISO | 1 |
| 9 | Насосная установка | | Ashradan | 1 |
| 10 | Батарея | ACC | Leduc | 1 |
| 11 | Приемник в сборке | | Ashradan | 1 |
| 12 | Предохранительный клапан | RV1 | Hydroforce | 1 |
| 13 | Электродвигатель | | EMB | 1 |
| 14 | Золотник селективного клапана | HS | Hydroforce | 1 |
| 15 | Предохранительный клапан | RV2 | Sunhydraulics | 1 |
| 16 | Обратный клапан | | Sunhydraulics | 1 |
| 17 | Батарея | BA | Leduc | 1 |

Аварийная сигнализация: если водопровод начал работу, а заслонка не открывается (есть отказ в работе изделия), то сраба-

тывает концевой выключатель *LS2* и подаётся сигнал о неисправности. Оператор насосной станции может принять решение по работе водовода.

На двери электрического шкафа имеются сигнальные лампочки:

PSI – сигнал о наличии давления во время работы изделия.

Если она светится, то есть опасность для изделия и необходимо прекратить работу.

Motor-ON – сигнал о работе насоса гидравлической системы.

Она должна светиться пока работает мотор. Когда заслонка полностью откроется, лампочка гаснет.

M.Fault – сигнал о неисправности в схеме электродвигателя или перегрев и т.п.

Гидравлическая схема:

Обычная работа: жидкость в цилиндр 1 поступает от насоса 9 через обратный клапан *CVI* и регулирующий клапан *NVI*. Больше она никуда не поступает, так как кран-соленоид *SVI* находится в положении «закрыто». Цилиндр выдвигает шток и через систему рычагов открывает заслонку изделия.

Остановка: остановка его происходит при максимальном открытии заслонки, после получения соответствующей команды на отключение мотора.

В дополнение приводятся технические характеристики регулируемого обратного клапана. Данные по техническим характеристикам сведены в таблицу 3 [9]:

Таблица 3

Технические характеристики обратного клапана NR-040

| Наименование характеристики | Значение характеристики |
|--------------------------------|-------------------------|
| Номинальный диаметр | 600 мм (24«) |
| Диаметр \ толщина фланцев | 845 мм \ 47 мм |
| Окружность крепёжных отверстий | 770 мм |

| Наименование характеристики | Значение характеристики |
|--|--------------------------|
| Диаметр крепёжных отверстий | 36мм |
| Количество отверстий | 20 штук на каждом фланце |
| Расстояние между фланцами (длина изд.) | 1295 мм |
| Высота изделия | 1720 мм |
| Общий вес изделия | 1800 кг |
| Рабочее давление | 6 атм |
| Позиция изделия | Горизонтальная |
| Угол поднятия заслонки | 78 градусов максимум |
| Гидравлическая система | |
| Цилиндр | Двухстороннего действия |
| Диаметр цилиндра | 140 мм |
| Диаметр штока | 60 мм |
| Эффективное усилие | 400000 Н (40 Тонн) |
| Объём аккумулятора | 10 литров |
| Начальное давление в аккумуляторе | 30 атм |
| Давление в цилиндре | 100 атм |
| Рабочий ход поршня | 580 мм |

Выводы:

1. Канализационные насосные станции (КНС) работают в режиме «старт-стоп», когда насосы включаются при достижении верхнего уровня в приемном резервуаре, а выключаются при достижении нижнего. По этой причине количество срабатываний обратных клапанов на таких станциях может достигать ста и более в сутки;

2. При применении на КНС обратных клапанов обычного исполнения их закрытие сопровождается хлопком, вызывающим

гидравлический удар. Даже, если он не значительный, то за счет большого количества срабатываний накапливается усталость материала. В результате разрушению могут подвергнуться не только трубопроводы, но и насосные агрегаты.

3. Одним из способов предотвращения гидравлических ударов на КНС является применение обратных клапанов с гидравлическими приводами, когда на последней стадии закрытия они не хлопают, а замедляются за счет гидравлического привода. В статье рассмотрены конструктивные особенности таких клапанов, которые необходимо учитывать при проектировании насосных станций;

4. Для оценки эффективности применения регулируемых обратных клапанов необходимо проведение экспериментальных исследований. Для этого разработана программа-методика и подготовлена база для эксперимента на одной из КНС Санкт-Петербурга.

Литература

1. *Воронов Ю. В., Яковлев С. В.* «Водоотведение и очистка сточных вод». – М.: Издательство ассоциаций строительных вузов, 2006. – 697 с.
2. *Хатковский Е. М.* Волновые процессы в трубопроводах с вязкой жидкостью. Труды координационных совещаний по гидротехнике, вып. 1975, Энергия, 1972 г.
3. *Хатковский Е. М.* Гидравлический удар в трубопроводах с вязкой жидкостью при произвольном законе закрытия затвора, Труды координационных совещаний по гидротехнике, вып. 1975, Энергия, 1972 г., с. 186–193.
4. *Жуковский Н. Е.* О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – Труды IV Русского водопроводного съезда. Одесса 1901 г.
5. *Жуковский Н. Е.* О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М. Д.: Гостехтеоретлитиздат, 1949. – 104 с.
6. *Лямаев Б. Ф., Крицкий Г. Г., Никитин Г. Л.* Применение современных информационных технологий при расчете гидравлического удара в системах водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – №10 – с. 1215.
7. *Игнатчик С. Ю.* Обеспечение надёжности и энергосбережения при расчёте сооружений для транспортирования сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010, – № 8. С. 56–62.
8. *Кармазинов Ф. В., Мельник Е. А., Пробриский М. Д., Панкова Г. А., Михайлов Д. М., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю.* Техническое

обследование насосных станций системы водоотведения Санкт-Петербурга. Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 1. С. 20–28.

9. «Инструкция по эксплуатации Обратный клапан NR-040 24” (DN600) с гидравлическим управлением». – М., 2008. – 11 с.

10. *Чарный И.А.* Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах И. А. Чарный. М.: Недра, 1975. 296 с.

УДК 628.316.12

Ольга Сергеевна Ефремова, студент
Владимир Петрович Верхотуров,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: olyaefremchik@yandex.ru,
WladW@mail.ru

Olga Sergeevna Efremova, student
Vladimir Petrovich Verkhoturov,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: olyaefremchik@yandex.ru,
WladW@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРМИКУЛИТА ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

EFFICIENCY OF VERMICULITE USE IN WASTEWATER TREATMENT FROM PETROLEUM PRODUCTS

В статье рассмотрена эффективность использования вермикулита при очистке воды от нефтепродуктов. В литературе описаны многочисленные методы получения сорбентов и фильтрующих материалов для очистки воды от нефтепродуктов и технологические схемы их применения. Одним из распространенных нефтяных сорбентов является вермикулит. Этот материал обладает существенно большей удельной поверхностью. В статье приведен анализ эффективности сорбционной очистки воды от нефтепродуктов с помощью вермикулита и результаты лабораторного исследования способности к нефтеочистке вермикулита с различным фракционным составом. Если для тяжелых нефтепродуктов эффективность сорбента достаточно высока при высоких концентрациях исходных загрязнений, то при сорбции легких нефтепродуктов с малой концентрацией, вермикулит, оказывается малоэффективным.

Ключевые слова: очистка сточных вод, нефтепродукты, нефтяные сорбенты, очистка, вермикулит.

The article considers the effectiveness of using vermiculite in water purification from petroleum products. The literature describes numerous methods for obtaining sorbents and filter materials for water purification from petroleum products and technological schemes for their application. One of the most common petroleum sorbents is vermiculite. This material has a significantly larger specific surface area. The article presents an analysis of the effectiveness of sorption water pu-

rification from petroleum products using vermiculite and the results of a laboratory study of the ability to oil purification of vermiculite with different fractional composition. If for heavy oil products the efficiency of the sorbent is high enough at high concentrations of initial contamination, then for sorption of light oil products with a low concentration, vermiculite is ineffective.

Keywords: wastewater treatment, oil products, oil sorbents, purification, vermiculite.

На сегодняшний день проблеме загрязнения воды уделяется повышенное внимание как основному источнику жизненно важных ресурсов. Антропогенные загрязнители попадают в водные объекты в результате несанкционированного сброса недостаточно очищенных сточных вод, в результате техногенных аварий, а также в результате неорганизованного отвода ливневых и талых вод с загрязненных территорий.

Опыт устранения нефтяных поверхностных загрязнений вод показал, что эффективное удаление нефтяных загрязнений не обходится без применения различных сорбентов.

Сорбционный метод хорошо очищает воду от нефтепродуктов, что делает актуальным создание новых или совершенствование имеющихся сорбентов нефти на основе доступного минерального сырья [1].

В сточных водах нефтепродукты могут находиться в свободном, связанном, а также растворенном состоянии. Самые грубые загрязнения, находящиеся в свободном состоянии, поддаются удалению методом отстаивания. Методы флотационной очистки, электрокоагуляции и электрофлотации традиционно используются для удаления мелких и попутных нефтепродуктов. В результате этих процессов в воде остаются нефтепродукты до 20 мг/л. в фильтрационных процессах достигается более глубокая очистка мелких, особенно эмульгированных, нефтепродуктов до 10 мг / л. Удаление растворенных нефтепродуктов, с концентрацией до 0,5–1 мг/л происходит в основном на стадии сорбционной доочистки.

Очистка сточных вод от нефтепродуктов является сложной задачей, обусловленной разнообразием фазового состояния рас-

смагриваемых соединений в воде. Необходимая степень очистки от нефтепродуктов решается целым рядом различных способов.

Для снижения концентрации эмульгированных нефтепродуктов широкое применение получил метод фильтрования. Фильтрация нефтесодержащих сточных вод через зернистый загрузочный слой происходит в два этапа: доставка частиц к загрузочному зерну и их адгезия к зерну. В процессе фильтрации основные процессы происходят на поверхности загрузки и в свободном пространстве между зернами. При фильтровании жидкости геометрическая структура загрузки непрерывно изменяется в результате осаждения частиц масла на поверхность зерен [2,3].

При использовании сорбентов в качестве фильтрующих материалов критическим является также параметр водопоглощения. В результате набухания гидрофильного материала будет повышаться гидродинамическое сопротивление загрузки и сокращаться продолжительность фильтроцикла. При сборе нефтепродуктов в режиме пропитки высокое водопоглощение снижает эффективность использования сорбентов.

В литературе описаны различные методы получения сорбентов и фильтрующих материалов для очистки воды от нефтепродуктов и технологические схемы их применения. Одним из распространенных сорбентов является вермикулит.

Вермикулит – это минерал, относящийся к гидрослюдам, имеющий слоистую структуру, который представляет собой пластинчатые кристаллические формы как правило золотисто-серого цвета. Этот минерал относится к категории нетвердых, не поддающийся истиранию и биологическому распаду, действию щелочей и кислот.

Как показывают представленные в литературе данные, остаточные концентрации нефтепродуктов при использовании антрацита и вспученного вермикулита составляют 1,0–2,5 мг/л за счет природы поверхности, обеспечивающей при контакте с углеводородами, значительно больший потенциал действующих сил. В сравнении с антрацитом, для вспученного вермикулита характерна большая удельная поверхность (до 378 м²/г), но также не может эффективно

удалять растворенные формы нефтепродуктов из-за низкого значения суммарного объема задействованных пор ($4,3 \text{ см}^3/\text{г}$) [4,5].

Для повышения сорбционной активности вермикулита были спланированы исследования с различным фракционным составом данного сорбента. В ходе исследования была поставлена цель изучения эффективности извлечения нефтепродуктов в зависимости от фракционного состава вермикулита.

Исследования по сорбции нефтепродуктов из поверхностных сточных вод выполнялись в статических условиях и включали в себя фильтрацию загрязненных стоков через определенный объем материала с параллельными замерами концентраций загрязнений до и после фильтра. Измерения содержания нефтепродуктов производилось с помощью прибора Флюорат–2М, после экстракции нефтепродуктов из пробы гексаном.

Определение сорбционной способности выбранной фильтрующей загрузки осуществлялось на модельном стоке. Пробы реального стока отбирались для каждого из четырех существующих выпусков промышленной площадки. Модельный сток готовился путем добавления в водопроводную воду определенной концентрации нефтепродуктов в виде отработанного машинного масла марки М-10 разбавленного в бензине А-95.

Фильтрация осветленной воды осуществлялось в сорбционных колонках диаметром 25 мм при различных концентрациях растворенных нефтепродуктов в исходной воде и скоростях фильтрации 4–6 м/ч. Диапазон исследуемых скоростей был выбран исходя из условия наибольшего распространения в практике фильтрации сточных вод.

Загрузка сорбента для проведения лабораторных испытаний применялась как с исходным фракционным составом (размер гранул до 6 мм), так и просеянная через сито с диаметром ячейки 3 мм.

Данные по очистке проб реального стока на сорбционной загрузке с крупностью гранул до 6 мм., представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что эффект извлечения нефтепродуктов увеличивается с увеличением концентраций в исходной пробе, но

даже при самых малых концентрациях нефтепродуктов в исходной воде, концентрация в очищенной воде не была ниже 0,07 мг/л.

Таблица 1

Сорбция нефтепродуктов из реального стока

| № пробы | Концентрация нефтепродуктов, мг/л. | | Эффект очистки, %. |
|---------|------------------------------------|----------------|--------------------|
| | Исходная вода | Очищенная вода | |
| Проба 1 | 0,15 | 0,072 | 52,0 |
| Проба 2 | 0,13 | 0,07 | 46,2 |
| Проба 3 | 0,43 | 0,082 | 80,9 |
| Проба 4 | 0,196 | 0,075 | 61,7 |

Данные по очистке модельного стока на просеянной фильтрующей загрузке с крупностью гранул до 3 мм., представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сорбция нефтепродуктов из модельного стока

| Модельный сток. Исход.=1,12 мг/л | |
|---|-----------|
| Объем фильтрата отнесенный к объему загрузки. | Соч, мг/л |
| 8 | 0,078 |
| 13 | 0,08 |
| 18,5 | 0,12 |
| 23 | 0,14 |
| 30 | 0,2 |
| 36 | 0,26 |

На рис. 1. представлены данные по извлечению из сточных в нефтепродуктах на различных видах сорбционной загрузки.

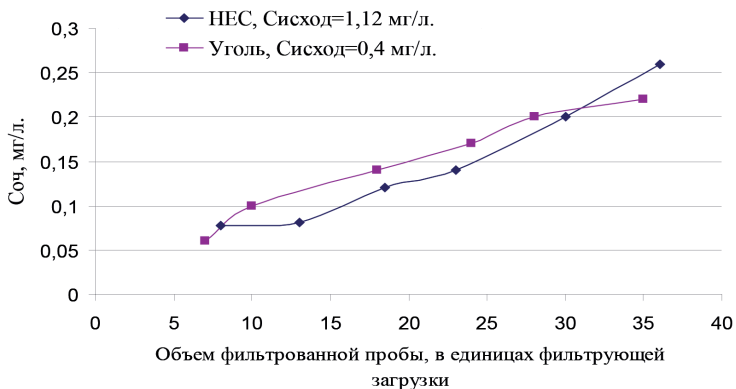


Рис. 1. Сорбция нефтепродуктов из сточных вод на различных видах сорбционной загрузки

Тип полученных графиков свидетельствует о том, что сорбенты имеют различное соотношение объемов макро и микропор. В данном случае сорбент вермикулит должен содержать большее количество макропор по сравнению с сорбентом на основе угля.

В ходе лабораторных исследований было выяснено, что сорбционная активность исследуемой загрузки отличается для различных типов нефтепродуктов (с различной длиной углеводородной цепочки). Если для тяжелых нефтепродуктов (с большой длиной углеводородной цепочки) эффективность сорбента вермикулит, достаточно высока при высоких концентрациях исходных загрязнений, то при сорбции легких нефтепродуктов с малой концентрацией (до 1,5 мг/л), вермикулит, оказывается малоэффективным.

В дальнейшем, предполагается проведение исследований по изучению эффективности использования вермикулита более мелкой фракции (величина гранул до 0,5 мм.) при работе на малых концентрациях нефтепродуктов, растворенных в сточных водах.

Литература

1. *Аренс В. Ж.* Нефтяные загрязнения: как решить проблему / В.Ж. Аренс, О.М. Гридин, А.Л. Яншин // *Экология и промышленность России.* – 1999, №9. – с. 33–36.
2. *Артемов А. В., Пинкин А. В.* Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений. *Вода: химия и экология.* 2008. № 1. С. 19–25.
3. *Журба М. Г.* Очистка воды на зернистых фильтрах. Львов: Вища школа, 1980. 200 с.
4. *Аюкаев Р. И., Мельцер В. З.* Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. Л.: Стройиздат, 1985. 120 с.
5. *Тарнопольская М. Г.* Фильтрующие материалы для очистки воды от нефтепродуктов и критерии их выбора. *Вода и экология: проблемы и решения.* 2005. № 3. С. 74–79.
6. *Кузубова Л. И., Морозов С. В.* Очистка нефтесодержащих сточных вод. Новосибирск: Химия, 1992. – 72 с.

УДК 624.1

*Кирилл Александрович Иванов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ibanox@yandex.ru*

*Kirill Alexandrovich Ivanov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ibanox@yandex.ru*

**АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ПРОКЛАДКЕ
ТРУБ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНО
НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ
ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ**

**ANALYSIS OF RISKS WHEN LAYING PIPES
BY THE HORIZONTAL DIRECTIONAL
DRILLING METHOD UNDER CONDITIONS
OF WATER-SATURATED SOILS**

В данной статье рассматриваются проблемы возникающие при прокладке труб методом горизонтально направленного бурения. Техника горизонтально направленного бурения очень популярна в настоящее время, и большинство кабелей и трубопроводов, установленных с помощью этой техники, но в некоторых случаях метод все еще не имеет достаточного контроля рисков. Поэтому рекомендуется анализ рисков, связанных с почвой, для предотвращения нежелательных явлений на стадиях бурения или после монтажных работ. Поскольку обзор всех возможных рисков в горизонтально-направленном бурении был бы обширным, эта статья фокусируется на наиболее распространенных рисках, связанных с почвой в горизонтально-направленном бурении: Нестабильность ствола скважины, сила трения в скважине и просачивание.

Ключевые слова: горизонтально-направленное бурение, грунтовые воды, скважина, риски, грунт.

This article discusses the problems that arise when laying pipes using the horizontal directional drilling method. Horizontal directional drilling technique is very popular at present, and most of the cables and pipelines installed using this technique, but in some cases the method still does not have sufficient risk control. Therefore, a risk analysis of the soil is recommended to prevent adverse events at the drilling stages or after installation. Since an overview of all the possible risks in horizontal directional drilling would be extensive, this article focuses on the most common

risks associated with soil in horizontal directional drilling: Instability of the well-bore, friction in the well, and leakage.

Keywords: horizontal directional drilling, groundwater, well, risks, soil.

Горизонтально-направленное бурение широко используется с восьмидесятых годов. В горизонтально-направленном бурении рассматриваются три этапа установки (рис. 1):

- пилотное бурение;
- расширение пилотной скважины;
- протягивание трубопровода.

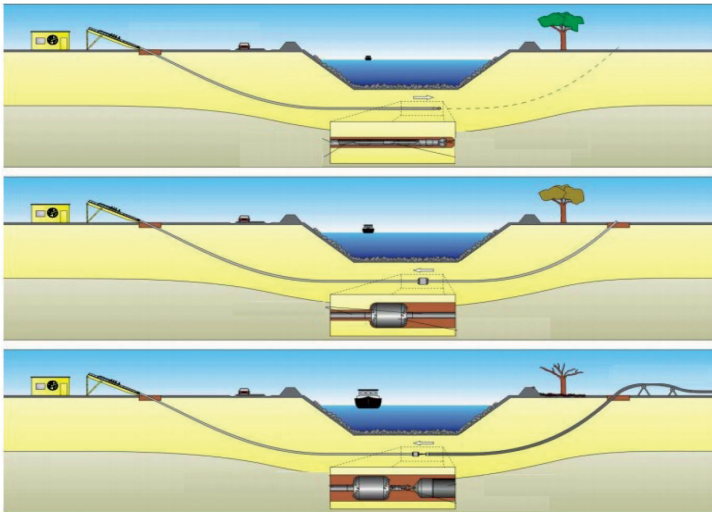


Рис. 1. Этапы горизонтального направленного бурения [1]

Начальная скважина называется пилотной скважиной. Бурение скважины осуществляется с использованием бурового раствора, который подается в скважину через вращающуюся буровую головку. Из-за относительного высокого давления в головке буровой раствор облегчает транспортировку грунта к поверхности. Диаметр этого пилотного отверстия увеличивается с помощью расширите-

ля. В зависимости от требуемого конечного диаметра скважины, скважина может быть увеличена в несколько этапов, используя бур-расширитель. Наконец, трубопровод втягивается в созданную скважину. На всех трех стадиях бурения в скважине присутствует буровой раствор.

В горизонтально-направленном бурении для успешного производства работ важно учитывать три составляющие:

- буровое оборудование;
- буровой раствор;
- слои почвы (включая грунтовые воды), через которые осуществляется бурение.

Поскольку первые две темы тесно связаны с третьей (выбор правильного бурового оборудования и разработка бурового раствора в основном определяются почвой и грунтовыми водами), почва является наиболее важной в горизонтально-направленном бурении.

Знание механических и химических характеристик подземных и грунтовых вод и влияние этих характеристик на процессы бурения имеет большое значение для анализа рисков для горизонтально-направленного бурения.

Риск обычно определяется как вероятность нежелательного события, умноженная на последствия этого события. При анализе рисков можно выделить следующие этапы [2]:

- 1) Сбор данных
- 2) Идентификация риска
- 3) Классификация рисков
- 4) Снижение риска путем принятия мер
- 5) Оценка остаточного риска

Второй шаг является наиболее важным в анализе рисков. Определение рисков требует достаточных знаний о процессах на стадиях бурения. После качественного определения всех рисков можно определить их важность. Очень часто расчеты необходимы для классификации риска количественным или полуколичественным способом. После классификации могут быть приняты меры по снижению рисков.

Поскольку обзор всех возможных рисков в горизонтально-направленном бурении будет обширным, в данной статье рассматриваются наиболее распространенные риски, связанные с почвой в горизонтально-направленном бурении:

- 1) Нестабильность скважины;
- 2) Силы трения в скважине;
- 3) Просачивание через скважину;

Устойчивость ствола скважины является наиболее важным фактором при выполнении бурения. В случае неустойчивости скважины взаимодействие грунта с трубопроводом резко меняется. В случае обвала скважины на трубопровод оказывается огромная нагрузка. В то время как неустойчивость ствола скважины на коротких участках приводит к более высоким тяговым силам, которые можно преодолеть, неустойчивость ствола скважины на большей длине приведет к заклиниванию трубопровода.

Когда соотношение почвенного покрова и диаметра скважины низкое, происходит изменение, ствол скважины разрушается, что приводит к образованию воронки. Это явление можно увидеть вблизи точки входа, где глубина скважины мала.

Помимо снижения давления бурового раствора, неустойчивость скважины может быть вызвана:

- из-за сыпучих слоев грунта;
- из-за наличия очень проницаемых слоев гравия;
- из-за высокого давления грунтовых вод;
- из-за потока подземных вод;
- из-за крайне низкой прочности слоев почвы;
- из-за химической реакции бурового раствора с грунтовыми водами;
- из-за химической реакции бурового раствора с частицами почвы.

Высокие силы трения во время протаскивания трубопровода в стволе скважины будет подвергаться растягивающим усилиям, возникающим в результате:

- трение между трубой и буровым раствором;
- трение между трубой и грунтом и стенкой скважины.

Трение между буровым раствором и трубопроводом не изменяется во время бурения. Трение между трубой и стенкой скважины зависит от распределения сил, перпендикулярных стенке скважины. Поскольку это распределение сил зависит от кривизны траектории бурения, необходимо провести различие между прямыми участками траектории бурения и изогнутыми участками [3].

Для прямых участков чтобы уменьшить нормальные усилия на стенке скважины, трубопроводу придают устойчивость во время протаскивания. Распределение нормальных сил на стенке скважины в прямом участке бурения определяется весом трубопровода.

Эффективный вес определяется следующим образом (1):

$$g_{\text{эвт}} = g - g_{\text{вст}}. \quad (1)$$

Восходящая сила трубопровода рассчитывается по формуле (2):

$$g_{\text{вст}} = \pi \cdot r_{\text{н}}^2 \cdot \gamma_{\text{бр}}, \quad (2)$$

где $r_{\text{н}}^2$ – наружный радиус трубопровода; g – вес балластного трубопровода; $\gamma_{\text{бр}}$ – удельная масса бурового раствора.

Из описанных выше уравнений можно сделать вывод, что удельный вес бурового раствора играет важную роль в устойчивости трубопровода во время операции протаскивания. Следует отметить, что удельный вес бурового раствора зависит от различных факторов:

- начальный удельный вес бурового раствора;
- тип грунта, через который осуществляется бурение;
- количество операций по расширению;
- характеристики потока во время последней операции расширения;
- время с момента последней операции по расширению;
- характеристики плавности во время операции протаскивания.

В изогнутых участках скважины труба подвергается упругому изгибу. Из теории балки известно, что если трубопровод изогнут в круг, изгибающий момент считается по формуле (3):

$$M = \frac{K_T}{R}, \quad (3)$$

где K_T – жесткость трубопровода при изгибе; R – радиус.

Изгибающий момент может существовать только в том случае, если трубопровод способен сделать подвижным силы реакции. Силы момента должны быть обеспечены почвой. Используя теорию балки [4], можно определить профиль реакции почвы (рис. 2).

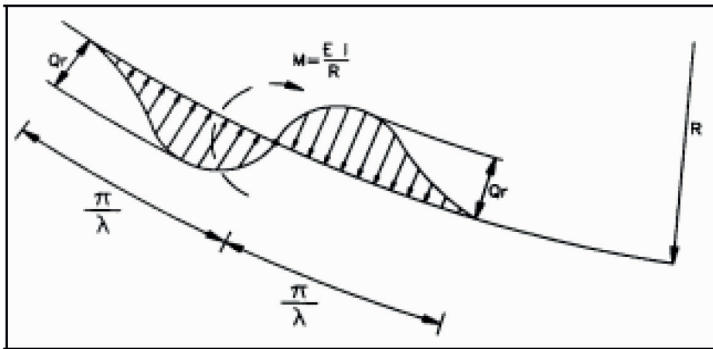


Рис. 2. Реакция почвы [5]

Почвенная реакция трубопровода рассчитывается следующим образом (4):

$$Q_p = k_p \cdot y = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 K_T}{D_0 \cdot R}, \quad (4)$$

где y – максимальное смещение; R – радиус изгиба.

Описанный метод расчета действителен, когда трубопровод полностью втянут в криволинейный участок создаваемой скважины. Когда головка трубопровода расположена в криволинейном участке или рядом, распределение сил реакции грунта отличается.

Для прямой участка отрезка, когда головка трубопровода расположена в изогнутой секции, можно видеть, что наблюдается пиковая сила реакции грунта. При увеличении длины прямого участка максимальная сила реакции почвы становится меньше. Можно сделать вывод, что силы реакции почвы намного выше, когда голова трубопровода расположена в изгибе, по сравнению с тем, когда голова трубопровода прошла через изгиб (рис. 3).

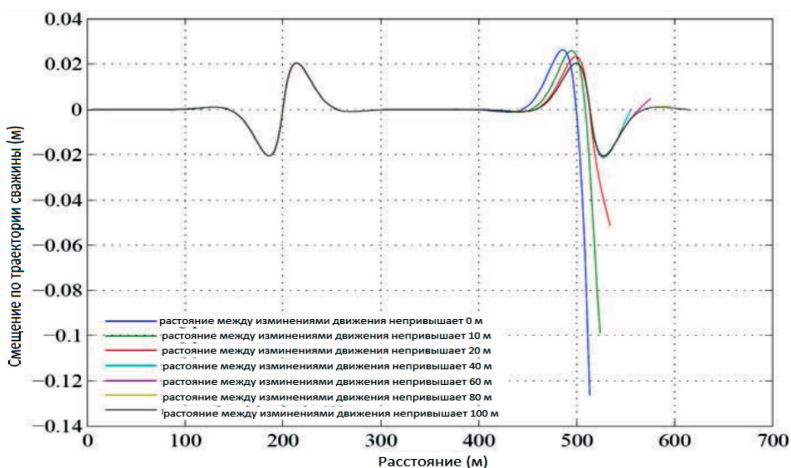


Рис. 3. Проникновение в стенку скважины вследствие высоких сил реакции грунта

В зависимости от грунтовых условий высокая сила реакции грунта в изогнутой секции может привести к повреждению покрытия трубопровода и может привести к проникновению в стенку скважины, что в свою очередь, приводит к высоким тяговым

усилиям и может привести к застреванию трубопровода или повреждению оборудования.

Просачивание

В случае, если горизонтально-направленное бурение проводится через слои, в которых присутствует более высокое давление грунтовых вод, существует риск утечки. В этом случае роль бурового раствора чрезвычайно важна, поскольку возникновение утечки контролируется статическим давлением бурового раствора.

Можно выделить следующие причины возникновения утечки:

- из-за высокого гидравлического напора в водоносном горизонте, который превышает статическое понижательное давление бурового раствора;
- снижение плотности бурового раствора на этапах бурения;
- раскопки в точке входа или выхода сварного шва;
- из-за химической реакции бурового раствора с грунтовыми водами;
- внешние причины высокого давления грунтовых вод, такие как повреждение трубопровода.

При бурении через водоносные песчаные слои с более высоким давлением воды, чем уровень грунтовых вод существует возможность просачивания через скважину во время выполнения горизонтально направленного бурения или после монтажа трубопровода.

Возникновение утечки зависит от высоты пьезометрического напора подземных вод в этих слоях. Следует избегать утечек, поскольку это может привести к потоку грунтовых вод через скважину, что приведет к обрушению скважины или к оседанию поверхности из-за эрозии почвы.

Знание вышеупомянутых процессов, которые определяют величину трех типов рисков, необходимо для правильной классификации и разработки мер по смягчению.

Литература

1. *Bayer H. J.* HDD practice handbook (2005), Vulkan-verlag GmbH, Essen Germany.

2. *Van Staveren M.* (2007) *Uncertainty and ground conditions a risk management approach* (2006), Elsevier, the Netherlands.

3. *Litjens P.P.T. and H.J.A.M. Hergarden* (2001). A calculation method to determine pulling forces in a pipeline during installation with horizontal directional drilling, Von der production zur service Schrift (Schriftenreihe aus dem institut for Rohrleitungsbau Oldenburg).

4. *Hetényi M.* (1946), *Beams on elastic foundations*. Scientific series, Ann Arbor, University of Michigan.

5. *Meijers P. and De Kock R.A.J.* (1993), A calculation method for earth pressures on directionally drilled pipelines, Pipeline conference 1993, Belgium.

УДК 628.3

Петр Дмитриевич Калмыков, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: petr7k@ya.ru

Petr Dmitrievich Kalmykov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: petr7k@ya.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА СТАНЦИИ ЭЛЕКТРОДЕПО

APPLICATION OF SORPTION MATERIALS FOR TREATMENT OF SURFACE DRAIN OF ELECTRODEPO STATION

Экологический мониторинг влияния предприятий железнодорожного транспорта на окружающую среду показывает, что наряду со снижением общего объема поступления, продолжается сброс сточных вод с содержанием вредных веществ, превышающих установленные природоохранными органами нормативы.

В целях уменьшения негативного воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду, необходимо снизить до возможного минимума количество сбрасываемых недостаточно очищенных или неочищенных сточных вод, являющихся причиной загрязнения.

Поставленную задачу можно решить за счет внедрения эффективной технологии очистки поверхностных сточных вод.

Выявлено, что основными загрязнителями поверхностных сточных вод электродепо являются эмульгирование и растворенные нефтепродукты, а также взвешенные вещества.

Сегодня под нефтепродуктами, понимают ряд веществ, по своей природе являющихся смесью углеводородов и ряда других химических соединений, источником которых является нефть и нефтяные газы.

Перечень существующих видов нефтепродуктов очень широк и разнообразен, что в свою очередь дополнительно накладывает трудности в подборе того или иного метода очистки, который бы обеспечивал в соответствии с современными нормами и требованиями остаточную концентрацию нефтепродуктов в сточных водах.

Ввиду разного состава и разных концентраций нефтепродуктов, предложены методы, позволяющие отделять из воды нефтепродукты на каждой отдельной ступени очистки.

Ключевые слова: электродепо, сточные воды, нефтепродукты, водный объект, сорбционная очистка.

Environmental monitoring of the impact of railway transport enterprises on the environment shows that along with the decrease in the total volume of revenues, the discharge of waste water with the content of harmful substances exceeding the standards established by the environmental authorities continues.

In order to reduce the negative impact of rail transport on the environment, it is necessary to reduce to a possible minimum the amount of under-treated or non-treated wastewater that causes pollution.

This can be achieved through the introduction of effective surface wastewater treatment technology.

It has been found that the main pollutants of surface waste water of the electrodepo plant are emulsification and finely dispersed petroleum products, as well as suspended substances.

Today, petroleum products are understood to be a number of substances, which are inherently a mixture of hydrocarbons and a number of other chemical compounds, the source of which is oil and petroleum gases.

The list of existing types of petroleum products is very wide and diverse, which in turn further creates difficulties in selecting a method of purification that would ensure, in accordance with modern standards and requirements, the residual concentration of petroleum products in wastewater.

In view of the different composition and concentrations of petroleum products, the choice of purification methods that allow the separation of petroleum products from water at each individual purification step is shown and justified.

Keywords: electrodepot, waste water, pollutants, water object, sorption cleaning.

Железнодорожный транспорт признан наиболее экологичным видом транспорта, несмотря на то, что при осуществлении производственной деятельности предприятия оказывается негативное воздействие на окружающую среду. Как показывают данные исследований Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, основными загрязнителями стоков железнодорожных предприятий являются эмульгирование и растворенные нефтепродукты, взвешенные вещества [1].

Удаление эмульгированных и растворенных нефтепродуктов представляет большие трудности, так как подъемная сила, обусловленная разностью плотностей воды и нефтепродуктов, вслед-

стве малого размера частичек, оказывается недостаточной, чтобы обеспечить их всплытие при небольших скоростях движения и как правило они могут длительное время, не выделяется из воды.

Поскольку все эмульгированные частицы находятся в непрерывном тепловом движении, то наличие у них ξ потенциала неизбежно. Однородные частицы приобретают электрокинетический потенциал одного знака и отталкиваются. Это способствует увеличению устойчивости и стабилизации коллоидной системы [2].

Нефтепродукты образуются в поверхностном стоке на территории электродепо из неплотно закрытых букс колесных пар при заправке и движении состава, а также при обмывке старогодних замасленных рельсов или различных деталей во вспомогательных подразделениях и со стоянки служебного автотранспорта на территории электродепо.

Поверхностные сточные воды содержащие в своем составе нефтепродукты при попадании в поверхностные водные объекты, засоряют и загрязняют водную среду, нарушают стабильность водной экосистемы, что в конечном счете может привести к деградации прибрежных территорий и потере видового разнообразия [3].

С целью снижения негативного воздействия на близлежащие водные объекты на территории электродепо, загрязнённые поверхностные сточные воды с железнодорожных путей удаляются с помощью дренажной сети (путейский дренаж), которая соединяется с сетью дождевой канализации, которая отводит стоки с территории стоянки служебного автотранспорта.

Концентрация нефтепродуктов, содержащаяся в поверхностном стоке, колеблется в пределах 10–50 мг/л.

Из них, концентрация растворенных нефтепродуктов находится в пределах от 1 мг/л до 2 мг/л, концентрация эмульгированных нефтепродуктов от 3 мг/л до 5 мг/л и концентрация плавающих нефтепродуктов от 5 мг/л до 50 мг/л.

Исходя из состава сточных вод, концентрации загрязнений, технологических и санитарных требований, наличия необходимых материальных и энергетических ресурсов, а также технико-

экономических показатели процесса очистки, определяется выбор того или иного метода очистки.

В связи с непостоянством выпадения дождевых осадков, эффективно будет применение блочно-модульных очистных сооружений, которые не требуют постоянного контроля обслуживающего персонала [4].

На первом этапе сточные воды предлагается подвергнуть процессу отстаивания для выделения плавающих нефтепродуктов.

Для интенсификации процесса, отстойник оборудуется тонкослойными полимерными блоками.

В отстойнике, за счет разности плотностей при ламинарном течении жидкости, поток разделяется на слои – на дно оседают крупнодисперсные взвешенные вещества и тяжелые нефтепродукты (отработавшие моторные масла и смазочные материалы колесных пар железнодорожного состава), а легкие нефтепродукты (бензин, керосин, эфирные масла) собираются на поверхности.

Высокий эффект очистки до 90% в отстойнике обеспечивается в первую очередь за счет высоких концентраций нефтепродуктов в исходной воде, а также за счет простого способа удаления плавающих нефтепродуктов, которых в стоке содержится наибольшее количество. Отстойник оборудованный тонкослойными модулями, позволяет уменьшить время отстаивания при той же эффективности очистки, за счет увеличения контактной поверхности эмульгированных частичек с параллельными пластинами, расположенными в живом сечении отстойника.

Не смотря на высокий эффект очистки, отстойник не в состоянии обеспечить очистку от эмульгированных и растворенных нефтепродуктов ввиду их физического состояния.

При добавлении коагулянтов можно увеличить эффект очистки, а соответственно и уменьшить остаточную концентрацию нефтепродуктов на выходе.

Но в связи с непостоянством выпадения дождевых осадков, нецелесообразно внедрение автоматизированного добавления коагулянта в блочно-модульные очистные сооружения.

Для выделения и задержания эмульгированных нефтепродуктов, содержащихся в сточной воде, могут применяться физико-химические методы с добавлением коагулянтов, физические методы с применением коалисцентных модулей из гофрированных полипропиленовых пластин, механические методы с применением фильтров с плавающей загрузкой из пенополиуретана [5].

При выборе коалисцентного модуля обеспечивается высокая степень очистки от эмульгированных нефтепродуктов за счет имеющихся в модуле гофрированных полипропиленовых пластин, которые притягивают к своей поверхности эмульгированные нефтепродукты. Ввиду их резкого изменения направления потока воды, частички нефтепродуктов коалесцируют, укрупняются в крупные капли, после чего поднимаются на поверхность воды и образуют масляные пятна, которые в последующем откачиваются.

При выборе фильтра с плавающей загрузкой из пенополиуретана удаление эмульгированных нефтепродуктов обеспечивается за счет высокой пористости фильтрующего слоя, на которых задерживаются частички нефтепродуктов [6].

Преимуществами использования фильтров с загрузкой из пенополиуретана являются:

- невысокая стоимость по сравнению с их аналогами (стекловолокно, силикагели);
- высокая грязеемкость и простота регенерации (механический отжим с промывкой).

Таким образом, при подачи исходной воды с концентрацией 10–50 мг/л по нефтепродуктам и использованием выше указанных методов, можно получить в очищенной воде остаточную концентрацию нефтепродуктов до 3–5 мг/л.

При этом необходимо понимать, что остаточная концентрация 5 мг/л будет для нефтепродуктов, собирающихся с проезжей части дорог, стоянки и заправки служебного автотранспорта [2].

Как правило такие нефтепродукты в своем составе содержат:

- смесь легкокипящих жидких углеводородов;
- отработавшие моторные масла;

- горюче-смазочные материалы;
- смазочно-охлаждающие жидкости [4].

Для получения значений остаточной концентрации нефтепродуктов формирующихся из неплотно закрытых букс колесных пар при заправке и движении состава, обмывке старогодних замасленных рельсов, требуется провести дополнительные исследования.

Исходя из того, что помимо плавающих и эмульгированных нефтепродуктов в сточной воде, присутствуют так же и растворенные нефтепродукты с концентрацией 1–2 мг/л и, учитывая тот факт, что допустимая концентрация нефтепродуктов при сбросе в поверхностные водные объекты должна составлять не более 0,05 мг/л, то для того что бы получить такую концентрацию нефтепродуктов на выходе из очистных сооружений, необходимо применить фильтрующие материалы с сорбционной загрузкой, как единственного способа выделения растворенных нефтепродуктов из воды [2].

Остановимся на важном определении, как сорбция. Под сорбцией понимают массообменный процесс, представляющий переход растворенных нефтепродуктов (сорбата) на твердую поверхность сорбирующего материала (сорбента).

В зависимости от глубины проникновения сорбата из раствора в сорбент сорбционные процессы делят на абсорбцию и адсорбцию.

Проникновение сорбата по всему объему сорбента называется абсорбцией, а процесс накопления одного вещества в результате диффузии в поверхностном слое другого вещества на границе раздела фаз называется адсорбцией.

При очистке сточных вод от нефтепродуктов в основном используются адсорбционное взаимодействие растворенных нефтепродуктов с твердым сорбентом, обладающим развитой поверхностью.

Сорбционная очистка сточных вод будет являться целесообразной в том, случае, если в них присутствуют соединения, которые обладают энергией связи с поверхностью сорбента, значительно превосходящей энергию гидратации.

Так для решения вопроса о технической эффективности применения того или иного сорбента важно установить зависимость между динамическими характеристиками и степенью очистки, соответствия параметров пористой структуры сорбента с размерами молекул примеси, а также соответствие сорбционной емкости материала с начальной концентрацией нефтепродуктов, поступающей в фильтр на очистку.

Так к примеру, сорбент МИУ-С (мезопористый ископаемый уголь), обеспечивает глубокую очистку от нефтепродуктов, в среднем до 0,5 мг/л, но что бы достичь такую остаточную концентрацию, начальная концентрация на входе в сорбционный фильтр должна быть не выше 1,5 мг/л, а скорость фильтрования не более 4 м/ч.

Таким образом, в ходе дальнейшего исследования необходимо изучить какими методами возможно достичь такую концентрацию на входе в сорбционный фильтр, чтобы на выходе из него получить остаточную концентрацию по нефтепродуктам менее 0,05 мг/л [7].

Выводы. Изучен состав поверхностных сточных вод образующихся на территории предприятий электродепо. Ввиду разного состава и разных концентраций нефтепродуктов, предложен выбор методов очистки, которые позволяли бы отделять из воды нефтепродукты на каждой отдельной стадии очистки.

Предлагается провести дополнительные исследования для полноты оценки эффективности применения пенополиуретановых фильтров, а также получения точного значения остаточной концентрации на выходе из фильтра нефтепродуктов формирующихся из неплотно закрытых боксов колесных пар при заправке и движении состава, обмывке старогонимых замасленных рельсов.

Так же в целях дальнейшего исследования предлагается на отдельном взятом сорбенте изучить, каким способом можно достичь остаточную концентрацию 0,05 мг/л по нефтепродуктам.

Литература

1. Методические указания по проектированию очистных сооружений и оборотных систем водопользования для предприятий железнодорожного транспорта. – М. МПС России, 1994.

2. *Воронов Ю. В.* Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.

3. *Трудова О. Н.* Библиографические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. Ленинград: Наука. 1979. 111 с.

4. Анализ деятельности предприятия ГУП «Петербургский Метрополитен». URL: <https://e-ecolog.ru/reestr/doc/1028942> (дата обращения: 01.03.2020).

5. *Теплых С. Ю., Шешунова Н. К.* Устройства по сбору, отведению и очистке поверхностного стока с железной дороги // Традиции и инновации в строительстве: материалы 67-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР. 2010. С. 595–598.

6. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению выпуска его в водные объекты / ФГУП «НИИ ВОДГЕО». М.: ВСТ, 2006. 56 с.

7. *Трусова В. В.* Очистка оборотных и сточных вод предприятий от нефтепродуктов сорбентом на основе бурых углей: дисс. канд. тех. наук / В. В. Трусова – Иркутск 2014 г. – 132 с.

УДК 628.16

Елизавета Юрьевна Коженова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ekozhenova@bk.ru

Elizaveta Jurevna Kozhenova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ekozhenova@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ПЛАВАТЕЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

APPLICATION OF ULTRAFILTRATION FOR PURIFICATION OF RECIRCULATED WATER IN SWIMMING POOL

В представленной статье рассмотрена возможность применения ультрафильтрационных установок для очистки оборотной воды плавательного бассейна. Рассмотрены особенности, достоинства и недостатки применения процесса ультрафильтрации при водоочистке бассейна. На примере типового бассейна произведено технико-экономическое сравнение стандартной системы водоочистки с системой водоочистки, в основе которой лежит процесс ультрафильтрации. Сделан вывод о целесообразности применения процесса ультрафильтрации при водоподготовке бассейнов. Приведена принципиальная схема водоочистки оборотной воды бассейна с использованием ультрафильтрационных установок.

Ключевые слова: ультрафильтрация, водоочистка бассейнов, современные способы водоочистки, качество воды в бассейнах, полволоконные ультрафильтрационные мембраны, ресурсосбережение при водоочистке.

In this article, the possibility of using the ultrafiltration process is considered. The features, advantages and disadvantages of using the ultrafiltration process for water purifying of swimming pool are discussed. On the example of typical swimming pool, a technical and economical comparison between a widespread water treatment system and a water treatment system based on the ultrafiltration process is made. The conclusion about the feasibility of using ultrafiltration process for water treatment of swimming pools is done. The diagram of water treatment of a recirculated water of swimming pools with using the ultrafiltration process is presented.

Keywords: ultrafiltration, water purifying for swimming pools, modern methods of water purifying, quality of water in swimming pools, semi-fiber ultrafiltration membranes, resource saving in water treatment.

В настоящее время наибольшее количество бассейнов строится при фитнес-клубах, отелях, аквапарках, школах. Их отличительной особенностью является высокая пропускная способность. Кроме того, изменилась ситуация и с равномерностью посещений. Если раньше практически во всех бассейнах существовал график занятий, благодаря которому количество посетителей, находящихся в воде регулировалось, то сейчас в большинстве случаев принята система свободного посещения. Такой порядок посещений часто приводит к превышению установленной нормы пропускной способности ванны, и как следствие к росту числа проб, неудовлетворяющим установленным нормам качества воды [1].

Распределение загрязнений в объеме воды

Изучение распределения загрязнений в бассейнах показало наличие в них трех зон, расположенных слоями: поверхностного, придонного и центрального слоя воды. Скорость формирования и размеры этих зон зависят от гидравлического режима движения воды в чаше бассейна.

Согласно исследованиям [2], в поверхностном слое воды, толщиной примерно 150мм, содержится до 75% загрязнений всей воды бассейна. Основными загрязнениями поверхностного слоя воды являются: взвешенные вещества (пыль, волосы, частички кожи, коагулянтов и т.д), различные органические выделения человека (слюна, пот и т.п), жиры, химические поверхностно-активные вещества, всплывающие к поверхности, а также основная часть микробиологических загрязнений [3].

Вторым по загрязненности следует считать нижний (придонный) слой воды. В нём скапливаются загрязнения, оседающие на дно ванны бассейна. Характерными загрязнениями этого слоя являются частицы коагулянта, песок, а также различные взвеси, выпадающие на дно. Толщина придонного слоя обычно не превышает 5-10 мм. Образование этого слоя характерно для бассейнов с глубиной более 1,8 м, в которых контакт с поверхностью дна минимален, вследствие чего взмучивания осадка не происходит.

Далее условно можно выделить зону, расположенную между поверхностным и придонным слоями. В этом слое, при условии правильного распределения и отвода циркуляционного потока в чаше бассейна, наблюдается наименьшая концентрация загрязнений. Основными загрязнениями в центральной зоне являются растворенные химические соединения органического и неорганического вида [4].

Как видно из вышесказанного, наибольшую озабоченность с точки зрения обеспечения установленных норм качества воды вызывает верхний слой, с наибольшей концентрацией загрязнений. Повышение эффективности удаления загрязнений из этого слоя связано с решением двух важных технических задач. Первая – организация эффективного отвода верхнего слоя воды из ванны бассейна на очистку, вторая – повышение качества очистки.

Повышение качества воды в оборотных системах водоснабжения бассейнов с использованием метода ультрафильтрации

Решение задачи повышения качества очистки, возможно на основе применения новых технологий очистки воды [5]. Необходимость внедрения в бассейнах новых методов и технологий очистки воды вызвано тем, что существенное повышение качества воды с использованием традиционных методов, основанных на реагентной обработке воды и фильтровании через инертную загрузку, практически исчерпали свои возможности [6]. Дальнейшее повышение качества возможно обеспечить только экстенсивными методами, но они будут невыгодны с точки зрения технико-экономических показателей. Это обусловлено тем, что для достижения результата понадобится снижение скоростей фильтрации, увеличение циркуляционного расхода, а также установка дополнительного оборудования такого как сорбционные фильтры, озонаторные установки и т. п.

Из вошедших в практику водоочистки современных методов и устройств наибольшего внимания заслуживают мембранные

технологии. Одной из наиболее перспективных технологий для систем водоочистки бассейнов, следует считать технологию с использованием ультрафильтрационных (УФ) мембран. Основанием к такому выводу послужили технико-экономические показатели работы установок ультрафильтрации (УУФ), а также стабильное качество получаемого фильтрата [7].

В качестве примера рассмотрим технические характеристики УФ установки фирмы Enge (Германия) [8]. В установке используются современные полволоконные ультрафильтрационные мембраны Multibore, изготовленные из полиэфирсульфона. Мембрана, изображенная на рис. 1, представляет собой трубку, разделённую на семь отдельных каналов. Фильтрующий слой находится внутри каналов. Фильтрация воды производится в направлении «изнутри – наружу». Обратная промывка, соответственно, осуществляется в обратном направлении «снаружи – вовнутрь».

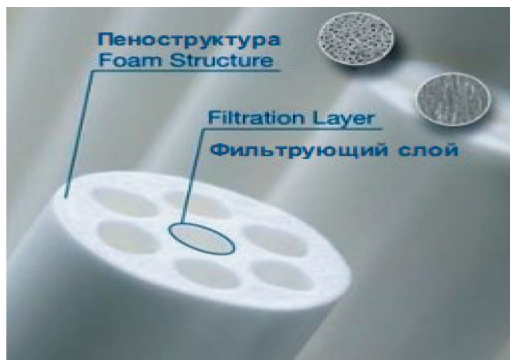


Рис.1. Полволоконная ультрафильтрационная мембрана «Multibore»

Разделение полой трубки перегородками на семь каналов образует внутренний пространственный каркас, который повышает прочность мембраны на разрыв и сжатие. Это позволяет повышать давление воды, тем самым увеличивая эффективность проведения прямой и обратной промывок мембраны. Это проис-

ходит за счёт увеличения скорости движения воды в каналах трубки в ходе промывок.

Размер пор фильтрующего слоя составляет 20 нанометров. Это в 3000 раз тоньше человеческого волоса. Поры таких размеров обеспечивают надежный барьер, задерживающий загрязнения в виде взвешенных частиц, коллоидов, микроорганизмов, бактерий и вирусов. Рассмотрим основные характеристики мембран.

Режим работы: по направлению фильтрации: изнутри-наружу; по схеме движения воды внутри каналов: тупиковый или проточный.

В современных УФ мембранах достигнута низкая чувствительность к величине рН от 1 до 13. Это делает возможным проведение эффективную химическую очистку(мойку) мембран от загрязнений с использованием растворов кислот и щелочей [9].

В процессе фильтрации УФ, независимо от колебаний качества исходной воды и продолжительности фильтроцикла, мембраны сохраняют стабильное качество фильтрата. В течение фильтроцикла изменяется только производительность и увеличивается перепад давления.

Работа УУФ полностью автоматизирована, участие человека предусмотрено только в период проведения химических моек (приготовление растворов) и при проведении сервисных работ, которые обычно проводятся 1 раз в квартал [10].

Для работы в системе водоподготовки бассейна целесообразно использование УУФ с полволоконными мембранами с внутренним диаметром 0,8–1,5мм. Они менее требовательны к исходному качеству воды и обладают меньшей склонностью к забиванию фильтрующих каналов. Плотность «упаковки» в таких мембранах составляет $500\text{--}800\text{м}^2/\text{м}^3$ в стандартном корпусе диаметром 8» (200 мм) и длиной 2 м. Площадь мембран равна 55м^2 . Преимущество таких мембран по сравнению с рулонными заключается в отсутствии сепараторных и дренажных сеток между мембранами. Это позволяет обеспечить оптимальный гидродинамический режим в каналах мембраны для режима фильтрации «изнутри – наружу».

Так как исходная вода, поступающая из ванны бассейна, имеет невысокую мутность и концентрации взвешенных веществ, то наиболее целесообразной схемой работы УУФ с полуволоконными мембранами следует считать схему работы в тупиковом режиме, изображенную на рис. 2. Тупиковый режим предусматривает фильтрацию всего потока исходной воды через мембрану. Задержанные на мембране загрязнения периодически удаляются при помощи обратных и прямых промывок.

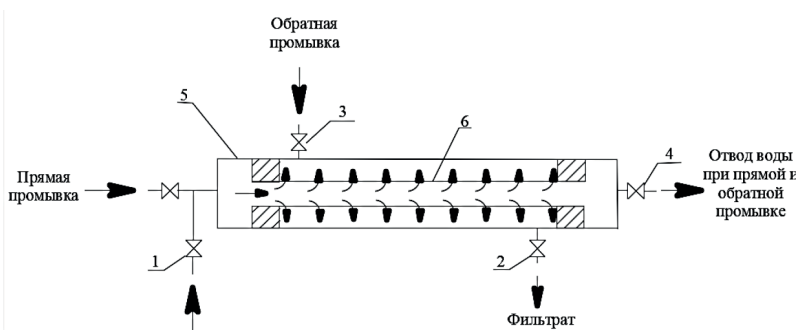


Рис. 2. Схема работы полуволоконной ультрафильтрационной мембраны в тупиковом режиме

Важным преимуществом работы УУФ в тупиковом режиме является низкое энергопотребление, которое составляет 0,18–0,22 кВт*ч/м³. По сравнению с работой УУФ в режиме с транзитным потоком, энергопотребление выше почти в три раза от 0,54 до 0,72 кВт/м³ [11]. Полезная производительность УУФ при работе в тупиковом режиме сильно зависит от количества и вида загрязнений и определяется в ходе пусконаладочных работ. К сожалению, опубликованных данных по применению УУФ в оборотных системах водоочистки пока не найдено. Однако, если использовать данные работы УУФ, на которые вода для очистки подавалась из хозяйственно питьевого водопровода, качество которой схоже с качеством воды в бассейнах, то можно прогнозировать

величину полезной производительности в размере от 80 до 95%. Это значение совпадает с данными приведенными фирмами изготовителями УФ мембран, полученных опытным путем на УУФ. Так, объём концентрата указывается в размере 10–20% от объёма отфильтрованной воды.

На рис. 3 представлена схема системы водоподготовки бассейна с ультрафильтрационной установкой.

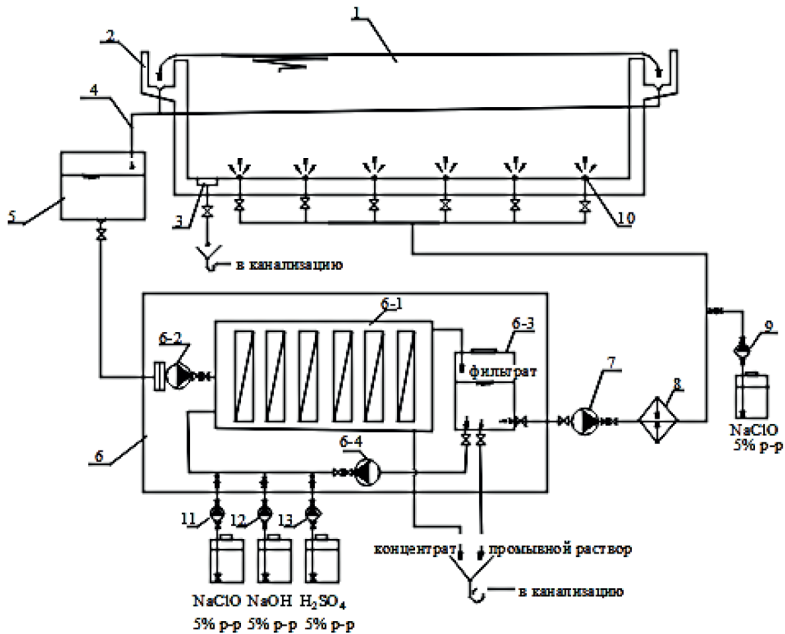


Рис. 3. Схема системы водоподготовки бассейна с ультрафильтрационной установкой: 1 – ванна бассейна; 2 – переливной лоток; 3 – сливной приемок с решеткой; 4 – самотечный трубопровод; 5 – переливной бак; 6 – установка ультрафильтрации (УУФ); 6-1 – мембранный блок; 6-2 – насос повысительный УУФ; 6-3 – бак фильтрата; 6-4 – промывной насос; 7 – циркуляционный насос; 8 – водонагреватель; 9 – дозаторный насос дезинфектанта; 10 – подающие форсунки; 11,12,13 – дозаторные насосы промывных растворов мембран

Основным препятствием широкого применения установок ультрафильтрации в системах водоподготовки бассейнов является их высокая стоимость. В системах водоподготовки ТЭЦ, АЭС, где они уже сейчас широко применяются, удельная стоимость их внедрения, в зависимости от производителя и схемы водоподготовки, составляет примерно от 2000 до 3500 €/м³.

Для стандартного оздоровительного бассейна размером 25×16 м и объемом ванны 600 м³, расчётный циркуляционный, в соответствии с нормативными документами [5], составит 100 м³/ч. Стоимость полностью автоматизированной УУФ для такой производительности на российском рынке варьируется в диапазоне от 15 до 20 млн. руб. (по состоянию цен на февраль 2020 г).

Проведя оценку стоимости оборудования водоочистки такой же производительности по традиционной схеме (фильтры напорные осветительные с автоматизацией режимов работы, насосы (циркуляционный, дозаторные, промывные, трубопроводы, баки для приготовления и дозирования реагентов) будет лежать в пределах от 10 до 12 млн. руб.

Из проведённой оценки видно, что разница в стоимости составляет от 1,5 до 2 раз. Для инвесторов это существенная разница, и обоснованием увеличения затрат должны быть веские аргументы. В качестве таких аргументов можно привести опубликованные в технической литературе [12] обобщенные результаты внедрения установок ультрафильтрации взамен технологий очистки воды, основанных на реагентной обработке с последующим фильтрованием на осветительных напорных фильтрах с инертной и/или с сорбционной загрузкой. Так, например, опыт промышленных предприятий энергетики показал, что использование ультрафильтрационных установок на ТЭЦ позволил достигнуть: снижение себестоимости очищенной воды до 5 раз; сокращение площади, занимаемой установкой, в 3–10 раз; снижение расхода химических реагентов в 10 раз; уменьшение энергозатрат в 1,5–2 раза; стабильное качество фильтрата в течении фильтрацикла; содержание взвешенных веществ в фильтрате менее 0,1 мг/дм³; снижение цветности ниже

5 град. по ПКИШ; высокая степень удаления коллоидного кремния и органических веществ; эффективное удаление железа Fe^{3+} и марганца Mn^{3+} , Mn^{4+} (менее $0,1 \text{ мг/дм}^3$); практически полное удаление из воды микроорганизмов, бактерий и вирусов (99,9%); устойчивость УФ-мембран к воздействию микроорганизмов и свободному хлору (например, для мембран из полиэстерсульфона максимальная концентрация допускается до 200 мг/л в течении 1 часа).

Особо следует отметить главное достоинство ультрафильтрации, при её использовании в системах водоочистки бассейнов – возможность получения требуемого качества воды за одну ступень очистки, без использования дополнительных стадий очистки.

Заявленный фирмами производителями паспортный срок службы УФ-мембран обычно составляет от 5 лет. Практика эксплуатации показывает более продолжительный срок работы до 10 и более лет, при условии соблюдения установленных требований к качеству исходной воды и правил по эксплуатации мембран.

Таким образом, на сегодняшний день одной из ключевых задач в обеспечении санитарной безопасности бассейнов является выполнение установленных для бассейнов норм качества воды. В настоящее время, развитие технологии очистки воды с использованием ультрафильтрационных мембран достигло необходимого уровня развития, позволяющего их использование в системах водоподготовки общественных бассейнов и аквапарков.

Внедрение технологии очистки воды, основанной на использовании установок ультрафильтрации обеспечит существенное повышение качества очистки, по сравнению с широко применяемыми схемами очистки, основанными на реагентной обработке воды и фильтрованием на скорых фильтрах с инертной загрузкой.

Литература

1. СанПиН 2.1.2.1188-03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества.
2. *Адельшин А. Б., Леонтьева С. В.* Основные технологические параметры, влияющие на выбор схемы водоподготовки плавательных бассейнов. / Известия КГАСУ, 2011, №3 (17).

3. *Кедров В. С., Рудзский Г. Г.* Водоснабжение и водоотведение плавательных бассейнов. 2 изд. – М: Стройиздат, 1972 г, с. 58.
4. *Первов А. Г.* Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран, обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация/ Монография: – М.: Издательство АСВ. 2009 г., с. 201.
5. СП 310.1325800.2017. Бассейны для плавания. Правила проектирования.
6. *Рогожкин Г.И.* Очистка и обеззараживание воды в бассейнах [https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2171]. (Дата обращения: 10.02.2020).
7. Что стоит знать о мембранах ультрафильтрации. // Бударикарин А. А. журнал Водоснабжение и Канализация № 1-2, 2015г
8. Ультрафильтрация. Особенности технологии: [http://uf-inge.ru/about/stati/ultrafiltraciya_osobennosti_tehnologii/]. (Дата обращения: 15.02.2020).
9. Влияние качества воды плавательных бассейнов на здоровье посетителей. // Черкасова О. А. Вестник Витебского государственного медицинского университета, 2007, Том 6, №4 с. 148–155.
10. НТН Руководство по эксплуатации бассейнов для профессионалов 2019 г.
11. *Первов А. Г.* Технологии очистки природных вод. М.:Издательство АСВ,2016 г., с. 49.
12. *Kamilla M. N. Hansen* Strategies for Chemically Healthy Public Swimming Pool. – DTU Environment Department of Environment Engineering Technical University of Denmark. PhD Thesis, March 2013.

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

ОБЗОР ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ ЗАО «ПРЕДПОРТОВЫЙ»

REVIEW OF POSSIBLE METHODS FOR PROCESSING FACILITY WASTES OF CJSC «PREDPORTOVY»

В настоящей работе приведен обзор оптимальных способов обработки образующегося производственного стока на сельскохозяйственном предприятии ЗАО «Предпортовый». Обзор, включающий в себя описание и оценку каждой предлагаемой технологии, составлен на основе цели повышения экологической безопасности производства и необходимых исходных данных предприятия, а именно объема и влажности образующегося жидкого навоза в год, общего поголовья крупного рогатого скота и площади сельскохозяйственных угодий, куда возможно внесение органического удобрения [1]. В результате исследования выявлено, что для оптимального решения данного вопроса требуется дополнительное углубленное исследование.

Ключевые слова: навозный сток, технология обработки, экологическая безопасность, компостирование, биогаз, разделение на фракции.

This paper provides an overview of the optimal methods for processing the resulting facility runoff at the agricultural enterprise CJSC Predportovy. The review, which includes a description and assessment of each proposed technology, is based on the goal of improving the environmental safety of production and the necessary initial data of the enterprise, namely the volume and moisture of liquid manure generated per year, the total number of cattle and the area of agricultural land, where it is possible to introduce organic fertilizer [1]. As a result of the study, it was identified that for an optimal solution to this issue, a more in-depth study is required.

Keywords: manure runoff, processing technology, environmental safety, composting, biogas, fractionation.

Закрытое акционерное общество «Предпортовый» (ЗАО «Предпортовый») является сельскохозяйственным предприятием, осуществляющим два основных направления хозяйственной деятельности, тесно связанных между собой: выращивание картофеля, овощей, кормовых культур, многолетних и однолетних трав и производство молока. Обособленное подразделение, на котором осуществляется молочное производство, находится в черте города Санкт-Петербург.

На сегодняшний день реализуется следующая технология обработки и использования навоза, влажность которого составляет 95-96%, годовой выход от крупного рогатого скота поголовьем 1000 голов около 27000 м³: разделения навозной жидкости на фракции с последующим компостированием твердой фракции и обеззараживания жидкой фракции путем длительного выдерживания. Условие применения указанной технологии также заключается в наличии у хозяйства площади сельскохозяйственных земель, куда возможно внесение органического удобрения, радиус дальности транспортировки которых не превышает 7–8 км [1]. Данная технология осуществляется в соответствии с технологическим регламентом производства продукции и обращения с отходами, являющимся стандартом организации.

Несмотря на систематическое и корректное применение данной технологии, есть потребность либо пересмотра метода обращения и использования навоза, либо совершенствование настоящей технологии по таким немаловажным причинам, как сохранение существующей специализации с перспективой увеличения объема производимой продукции, соответственно и увеличение поголовья крупного рогатого скота, а также жалобы местных жителей в летнее время на неприятный запах.

В настоящее время в мире разработано около 20 технологий по обработке и использованию отходов животноводства. С помощью оценки исходных данных, литературных источников и программного обеспечения, разработанного в рамках реализации международного проекта «Устойчивое обращение с навозом (пометом)

в хозяйствах Ленинградской области» (Великобритания, Россия, Финляндия) [2], было отобрано 4 технологии, соответствующие исходным параметрам хозяйства ЗАО «Предпортовый».

Технология разделения на твёрдую и жидкую фракции с компостированием твёрдой фракции, длительным хранением жидкой фракции и внесением в почву.

Целесообразность разделения жидкого навоза и навозных стоков на фракции в каждом конкретном случае должна дополнительно определяться исходя из влажности навоза и требований к дальнейшей обработке, хранению и использованию [3].

В настоящий момент данная технология является наиболее распространенной среди сельскохозяйственных предприятий на территории Российской Федерации. Применение рассматриваемого способа обработки навоза считается рациональным при условиях большого выхода полужидкого или жидкого навоза от крупного рогатого скота и недостаток или отсутствие у хозяйств материала для компостирования.

Данной технологией предусматривается следующая последовательность обработки исходного навозного стока: разделение поступающей массы с помощью сепаратора на жидкую и твердую фракции, затем твердая фракция перерабатывается методом компостирования (активным или пассивным способом), а жидкая фракция подается на длительное выдерживание в накопительную емкость. Указанная емкость представляет собой различное из четырех видов навозохранилище: круглое сборное бетонное, цилиндрическое с металлическим каркасом и специальной пленкой, лагуны с пленочным покрытием только дна или дна и поверхности навоза для защиты от ливневых осадков и металлическое круглое хранилище [4]. Технология представлена на рис. 1.

К достоинствам данной методики относятся широкий диапазон влажности используемого для обработки сырья 85–97%; простота конструкции навозохранилища; отсутствие необходимости постоянного контроля со стороны квалифицированного обслуживающего персонала над протеканием процесса.



Рис. 1. Блок-схема технологии разделения на твердую и жидкую фракции с компостированием твердой фракции, длительным хранением жидкой фракции и внесением в почву

Недостатками являются большие объемы накопительных емкостей (для молочно-товарной фермы с общим поголовьем крупного рогатого скота, насчитывающего около 1000 голов, годовой выход навоза составит не менее 25000 м³); длительный срок переработки навоза; высокие капитальные затраты на строительство навозохранилищ (стоимость железобетонных и металлических емкостей составляет около 2500 рублей за 1 м³, лагун – 1300 рублей за 1 м³) [4].

Технология разделения навоза на фракции с дополнительным разделением жидкой фракции на фильтр-прессе с использованием флокулянтов и ускоренным компостированием твердых фракций и использования осветленной жидкости на полях орошения или полях фильтрации.

Исходная навозная масса поступает в накопительный резервуар, оборудованный электромеханическим устройством для обеспечения однородного состава и предотвращения выделения осадка. Далее биомасса подается на шнековый сепаратор для разделения на жидкую и твердую фракции.

Твердая фракция после сепаратора перерабатывается в органическое удобрение следующими доступными способами: обеззараживанием путем длительного выдерживания, активным или пассивным компостированием.

После сепарирования жидкая фракция подвергается дополнительному выделению взвешенных веществ на установке по обезвоживанию в составе ленточного фильтр-пресса, причем перед окончательным обезвоживанием на фильтр-прессе жидкость направляется на ленточный сгуститель для непрерывного сгущения смеси осадков. Обезвоживание осадка в фильтр-прессе происходит в непрерывном режиме в четырех зонах: зона предварительного обезвоживания, клиновья зона, зона низкого давления и S-образная зона прессования.

Для более эффективного выделения сухих веществ в жидкую фракцию вводится высокомолекулярный полиэлектролит – флокулянт, приготовление рабочего раствора которого заключается в начальном дозировании исходного полимера (в сухом виде) в бак приготовления, замачивании его в баке с водой при постоянном равномерном перемешивании и созревании раствора.

Фильтрат после фильтр-пресса подвергается жидкому компостированию с участием аэробных бактерий, что сопровождается выделением тепловой энергии. Для обеспечения жизнедеятельности аэробных микроорганизмов кислородом навозный сток насыщается воздухом с помощью аэраторов различных конструкций. В процессе данной биологической обработки происходит расщепление микроорганизмами органических веществ, дезодорация обрабатываемой жидкости и, при соблюдении достаточно высокой температуры, стерилизация навозного стока. Как результат, биомасса становится более однородной, лучше перекачивается и хранится без расслаивания. Недостатком данного метода обработки является значительная потеря азота.

В теплое время года в весенне-летний период обработанная жидкость подается на поля орошения или поля фильтрации.

Технологическая блок-схема представлена на рис. 2.

Положительной стороной данной технологии является концентрация биогенных элементов в небольшом объеме органического удобрения, полученного в результате обработки твердой фракции, для внесения которого требуются небольшие площади

сельскохозяйственных земель. Отрицательные стороны заключаются в необходимости постоянного контроля процесса очистки квалифицированным обслуживающим персоналом, значительных капитальных затрат и обогрева оборудования при отрицательной температуре воздуха.



Рис. 2. Блок-схема технологии разделения навоза на фракции с дополнительным разделением жидкой фракции на фильтр-прессе с использованием флокулянтов и ускоренным компостированием твердых фракций и использованием осветленной жидкости на полях орошения или полях фильтрации

Технология получения биогаза.

Метановое сбраживание навоза – анаэробный процесс, в результате которого получается два вида продукта: органическое удобрение и биогаз (содержание метана около 50–80%, углекислого газа около 13–50%, незначительных примесей 1%). Распространены биогазовые установки, работающие по двум температурным режимам: мезофильный, при котором переработка органического сырья микроорганизмами осуществляется при температуре от 33 до 38 градусов, и термофильный – при температуре от 53 до 55 градусов [3].

При термофильном режиме, как правило, потребляется значительное количество энергии, необходимое для обеспечения поддержания температуры в заданном диапазоне. Но в данном режиме ускоряется процесс ферментации органической массы и достига-

ется значительный обеззараживающий эффект, что является преимуществом указанного температурного режима. При применении мезофильного режима сбраживания энергозатраты на нагрев меньше, чем при термофильном режиме, однако увеличивается продолжительность сбраживания биомассы и снижается эффективность обеззараживания.

Технология получения биогаза отражена на рис. 3.



Рис. 3. Блок-схема технологии получения биогаза

Технологии работы биогазовых установок подразделяются на три системы – аккумулятивную, периодическую и непрерывную [4].

В аккумулятивной системе предполагается сбраживание биомассы в реакторах, служащих в то же время емкостью для хранения обработанной навозной массы до ее последующей выгрузки, осуществляемой 1-2 раза в год при внесении в качестве удобрения в почву.

В периодической системе получения биогаза предусматривается разовая загрузка биомассы в камеру сбраживания и выгрузка сброженного материала. Для данной системы характерна большая трудоемкость процесса и неравномерный выход биогаза.

Непрерывная система характеризуется непрерывной или через определенные промежутки времени (от 1 до 10 раз в сутки) загрузкой исходного материала в реактор, откуда в то же время происходит удаление количества сброженного осадка [4]. Также для интенсификации сбраживания с целью увеличения выхода биогаза возможно использование разнообразных добавок. В настоящее

время наиболее часто применяются биогазовые установки с непрерывной системой получения биогаза.

К недостаткам технологии получения биогаза относятся следующие положения: данная технология не способствует уменьшению количества биомассы; необходимость в высококвалифицируемом обслуживаемом персонале; значительные капитальные затраты; использование полученного биогаза вблизи производственной территории; необходимость в дополнительных технологиях обработки навозного стока после процесса метанового сбраживания для получения органических удобрений; возможность при внесении в почву полученного после биогазовой установки удобрения с содержанием мелкодисперсных веществ забивания капилляров почвы, приводящего к ее дальнейшему заиливанию.

К числу достоинств технологии получения биогаза относятся: возможность получения тепловой энергии из отходов животноводства и использования ее для внутрихозяйственных нужд производственного предприятия; минимальные потери фосфора и калия при анаэробной обработке навоза, потери азота не превышают 5%, что на 25% меньше, чем при других методах обработки; повышение экологической безопасности путем прекращения выброса продуктов распада органических отходов в атмосферу.

С энергетической точки зрения, биогазовые установки наиболее эффективны в районах с теплым климатом, где легче обеспечить поддержание необходимой температуры в реакторе, в то время как в северных регионах большая часть получаемого с помощью анаэробного сбраживания биогаза уходит на обогрев установки. В настоящее время распространение технологии получения биогаза на территории Российской Федерации может осуществляться только при государственном участии и поддержке.

Технология биологического обеззараживания путем длительного хранения и внесения в почву.

Технология длительного выдерживания жидкого навоза является распространенной технологией обработки отходов животноводства в Российской Федерации.

Блок-схема рассматриваемой технологии представлена на рис. 4. Образование навоза – транспортировка и загрузка жидкого навоза – процесс длительного выдерживания– выгрузка органического удобрения и транспортировка – внесение удобрения в поля.



Рис. 4. Блок-схема технологии биологического обеззараживания путем длительного хранения и внесения в почву

Объем навозохранилища должен составлять не менее объема полугодовалого количества образующегося навоза [1], однако, с точки зрения опыта эксплуатации открытых накопителей навоза, в Северо-Западном регионе России рекомендуется принимать объем навозохранилищ не менее чем семимесячный объем образующегося жидкого навоза [4].

В отличие от технологии разделения на твердую и жидкую фракции с компостированием твердой фракции и длительным хранением жидкой фракции с внесением в почву, описанной ранее, данная технология имеет всего 5 этапов, но для биологического обеззараживания требуется большее количество доступных площадей для внесения жидкого навоза; происходит эмиссия азота в атмосферу во время хранения и разбрасывания; также при использовании данного метода не происходит дезодорации биомассы.

Результат обзора возможных способов обработки навозных стоков ЗАО «Предпортовый» сводится к следующему: удачным подходом с точки зрения экологической безопасности является предварительное разделение на фракции навоза, поскольку данный элемент технологии обработки биомассы впоследствии позволяет произвести более подходящую обработку отдельно твердой и жидкой фракций сырья с получением более качественного органического удобрения; а применение технологии предварительного разделения на фракции и компостирование твердой фракции

и переработка жидкой фракции (либо на полях фильтрации, либо в биогазовых установках и т.п.) позволяет избежать неприятных запахов. Также, на первый взгляд, технология получения биогаза представляется наиболее перспективной с точки зрения возможности получения из отходов животноводства электрическую или тепловую энергию.

Для выбора конкретной технологии по обращению с образующимися сточными водами от животноводческого комплекса требуется провести экономический анализ представленных технологий, для чего необходимо более углубленное исследование в рамках рассматриваемого сельскохозяйственного предприятия.

Литература

1. РД-АПК 1.10.01.02-10. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293811/4293811899.pdf> (дата обращения: 28.02.2020).
2. Проект «Устойчивое обращение с навозом/помётом в хозяйствах Ленинградской области». URL: <http://www.eco.sznii.ru/> (дата обращения: 20.02.20).
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: 25.02.2020).
4. *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.

УДК 628.4

Татьяна Евгеньевна Кулакова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: *klkv.tn@gmail.com*

Tatiana Evgenevna Kulakova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: *klkv.tn@gmail.com*

ПРОЦЕССЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ПОЛИГОНАХ

PROCESSES OF DECOMPOSITION OF SOLID MUNICIPAL WASTE AT THE DISPOSAL

Статья посвящена исследованию процессов биодеструкции твердых коммунальных отходов на полигонах депонирования отходов. В толще полигонов проходят одновременно несколько процессов разложения отходов: физические, химические и биологические. В свою очередь биологические подразделяются на аэробные и анаэробные. Преобладающим процессом разложения является биодеструкция органической составляющей отходов в под воздействием живых микроорганизмов на этапе эксплуатации полигона. Проведя теоретический анализ выявлена взаимосвязь протекающих процессов в толще полигона в зависимости от морфологического состава отходов, этапа жизненного цикла и способа эксплуатации полигона, глубины захоронения, определяющих диффузионную способность толщи отходов.

Ключевые слова: полигон ТКО, разложение отходов, биодеструкция, отходы ТКО, анаэробное разложение, аэробное разложение.

The article is devoted to the study of biodegradation processes of municipal solid waste at landfills. In the thickness of landfills, several processes of decomposition of waste take place simultaneously: physical, chemical and biological. In turn, biological are divided into aerobic and anaerobic. The predominant decomposition process is the biodegradation of the organic component of the waste under the influence of living microorganisms during the operation of the landfill. After a theoretical analysis, the relationship between the ongoing processes in the thickness of the landfill, depending on the morphological composition of the waste, the stage of the life cycle and method of operation of the landfill, the depth of burial, determining the diffusion capacity of the waste thickness, is revealed.

Keywords: MSW landfill, waste decomposition, biodegradation, MSW waste, anaerobic decomposition, aerobic decomposition.

В России первые исследования процессов разложения коммунальных отходов на полигонах депонирования, влияния их на окружающую среду начались в начале 1980-х годов. Проводимые исследования на полигонах и иловых картах позволили тогда описать процессы деструкции органического вещества, выброс и миграцию продуктов распада в толще мусорных и иловых отложений и эмиссию конечного продукта, метана, в атмосферу [1].

Следует отметить, что в настоящее время не существует единого подхода к прогнозным оценкам состава фильтрата, расчета эмиссий биогаза, многие модели находятся в стадии разработки. Существующие модели деструкции отходов и прогноза состава фильтрационных вод и эмиссий биогаз, базируются на фундаментальных исследованиях специалистов Венского технического университета (P. Brunner, N. Mache), Агентства по охране окружающей среды (US Environmental Protection Agency EPA (США) M. Barlaz, R. Nam, H. Belevi, P. Vaccini), Академии коммунального хозяйства [2].

После начала активной эксплуатации полигона в толще отходов начинают протекать одновременно физико-химические, химические и биохимические процессы, благодаря которым происходит распад сложных веществ на более простые. Рассматривая процессы деструкции отходов, их состав можно условно разделить на биоразлагаемые и небiorазлагаемые группы отходов.

Как правило, биоразлагаемыми отходами можно назвать вещества, полученные из растительных и животных соединений. К таким отходам относятся: бумага, пищевые продукты, биоразлагаемые пластмассы (на растительной основе). Содержание органического вещества в сырой массе ТКО составляет около 40–60%.

Небиоразлагаемые отходы – отходы, не поддающиеся естественным процессам разложения под действием живых организмов. К ним можно отнести: пластик, синтетические материалы, электробытовая техника и пр. Такие отходы устойчивы к процессам разложения, они накапливаются и хранятся в окружающей сотни и сотни лет.

К физическим процессам можно отнести уплотнение и сжатие отходов по воздействию гравитационных сил, адсорбция, ионный

обмен и т. д. Протекание этих процессов способствует увеличению плотности и уменьшению размера частиц, что в свою очередь провоцирует адсорбцию воды. Повышение влажности массы отходов ускоряет их разложение.

К химическим процессам относятся фотохимические и окислительно-восстановительные и реакции, гидролиз, деполимеризация. Происходит образование труднорастворимых соединений. Процесс напрямую зависит от содержания кислорода в толще, величины рН и т. д.

Биохимические процессы (биодеструкция, биологический распад, биоразложение) – распад сложных органических соединений на более простые в результате жизнедеятельности живых организмов.

Сущность дыхания у микроорганизмов заключается в окислении сложных органических соединений до более простых веществ с выделением тепловой энергии. Дыхание организмов подразделяется на аэробное и анаэробное. В первом для дыхания используется кислород, второе соответственно без доступа кислорода.

Оценка степени биоразложения и остаточного потенциала эмиссий отходов в толще полигона ТКО является сложной задачей.

Каждый объект захоронения отходов создает различные условия для протекания процессов разложения по ряду причин:

- 1) отличный состав отходов разных лет и разных территорий;
- 2) климатические условия размещения отходов;
- 3) условия эксплуатации (скорость заполнения карт и степень уплотнения отходов);
- 4) индивидуальное время наступления той или иной фазы разложения органических компонентов отходов относительно каждого полигона ТБО, его участков и слоев отходов, находящихся на разной глубине, в зависимости от вышеперечисленных условий [3].

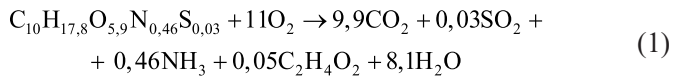
Большой интерес для изучения процессов биодеструкции представляет этап эксплуатации. На этом этапе можно отметить основные стадии разложения отходов. С точки зрения функционирования системы полигона, как биореактора природного действия,

На стадии эксплуатации до года, отходы подвергаются аэробной биодеструкции. Окислительные реакции под воздействием кислорода способствуют выделению углекислого газа, азота, воды и образованию масляных кислот (формула 1). Процесс аэробного разложения находится под влиянием следующих факторов: температура, концентрация кислорода, pH среды и содержание токсичных веществ.

В процессе активно участвуют различные группы микроорганизмов, самими активными являются: *Bacillus Subtilis*, *Bacillus mykoides*, *Bacterium fluorescens*, а также многие виды актиномицетов и грибов. Фаза аэробного разложения продолжается, пока весь доступный кислород не будет исчерпан. В среднем этот этап может продолжаться от 1 месяца до 1 года, так как продолжительность фазы зависит от многих факторов: скорость заполнения карт, наличие или отсутствие предварительной их обработки и сортировки, способ складирования отходов, определяющих диффузионную способность отходов и степень доступности кислорода.

Концентрация кислорода варьируется в зависимости от степени уплотненности мусора и глубины захоронения. Глубина протекания аэробных процессов составляет примерно 50–80 см от поверхности.

Основное уравнение биологического распада на стадии аэробной деструкции:



В переходной зоне заканчиваются аэробные процессы и начинаются анаэробные. Под воздействием денитрифицирующих бактерий происходит активное выделение азота. С увеличением высоты полигона увеличивается мощность анаэробной зоны.

По мере уплотнения и увеличения массы отходов в толще начинают преобладать анаэробные процессы деструкции, когда весь кислород в уже использован.

Анаэробное разложение органического вещества – это многостадийный процесс превращения органического вещества (ОВ) в биогаз. В основном это смесь метана и углекислого газа. В качестве субстратов для анаэробного разложения используется широкий спектр ОВ. Процесс осуществляется анаэробами в бескислородных условиях.

В качестве акцептора бактерии используют углерод, который восстанавливается до метана через ряд промежуточных стадий. Таким образом, при анаэробном разложении отходов, жидкая и твердая фазы ОВ переходит в газовую. Процесс проходит в несколько последовательных стадий: гидролиз, брожение, ацетогенез и метаногенез. Каждая из этих стадий осуществляется различными группами микроорганизмов со специфическими метаболическими возможностями (табл. 1).

Таблица 1

Бактерии, участвующие в анаэробной деградации

| Стадия | Группа бактерий | Субстраты | Конечный продукт |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|---|
| Образование кислоты | Ацетогенные | Углеводы Аминокислоты Липиды | Масляная кислота Пропионовая кислота |
| Образование метана | Ацетокластические | Уксусная кислота | Метан Диоксид углерода |
| | Метаногенные | Водород Диоксид углерода | Метан |

Рассмотрим подробнее каждую стадию:

1) гидролиз сложных биополимеров (полисахаридов, липидов, белков) на более простые олиго- и мономеры: углеводы и простые сахара, длинноцепочечные жирные кислоты и глицерин, аминокислоты и т. д.;

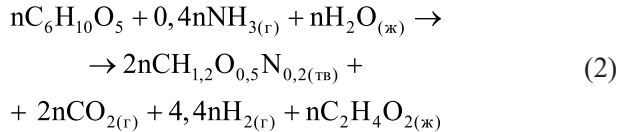
2) ферментация (брожение, кислотогенез) – образовавшиеся в ходе гидролиза мономеры сбраживаются до более простых веществ – летучие жирные кислоты (ЛЖК), спирты, углекислый газ и водород;

3) синтрофная стадия (ацетогенез) – окисление ЛЖК и спиртов синтрофными с образованием ацетата, водорода и углекислого газа;

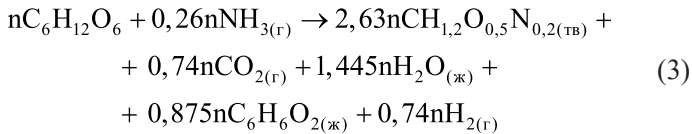
4) метаногенная стадия – образование метана. В этой фазе метаногенные археи образуют метан – конечный продукт анаэробного разложения ОВ, если в среде отсутствуют другие акцепторы электронов (сульфат, нитрат, Fe (III)) [1].

Основные уравнения биологического распада в анаэробной зоне представлены уравнениями 2–7.

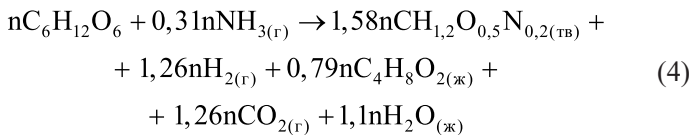
Разложение глюкозы с образованием уксусной кислоты:



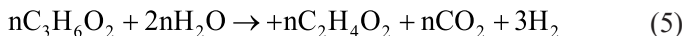
Разложение глюкозы с образованием пропионовой кислоты:



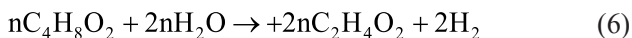
Разложение глюкозы с образованием масляной кислоты:



Разложение пропиононовой кислоты с образованием уксусной кислоты:



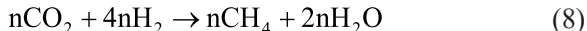
Разложение масляной кислоты с образованием уксусной кислоты:



Разложение уксусной кислоты в метан:



Разложение углекислого газа в метан:



На основании проведенного теоретического анализа процессов биодеструкции ТКО выявлена взаимосвязь протекающих процессов в толще полигона в зависимости от состава отходов, этапа и способа эксплуатации полигона, глубины захоронения, определяющей диффузионную способность массива отходов.

Литература

1. Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов: коллективная монография / общая ред. и составл. А. Н. Ножевниковой, А. Ю. Каллистова, Ю. В. Литти, М. В. Кевбрина; . – М.: Университетская книга, 2016. – 320 с., ил.
2. Глушанкова И. С. Очистка фильтрационных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов на различных этапах жизненного цикла: дис. док. тех. наук: 05.23.04: Защищена 7.04.2014: утв. / Глушанкова Ирина Самуиловна. – Москва, 2004. – 324 с.

3. *Загорская Ю. М., Слюсарь Н. Н., Глушанкова И. С., Завизион Ю. В.* Исследование свойств отходов разного срока захоронения // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2014. – № 1. – С. 40–50.
4. *Шаймова А. М., Насырова Л. А., Фасхутдинов Р. Р.* Изучение факторов метангенерации в условиях полигона твердых бытовых отходов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Том 18. №2. – С. 172.
5. *Хенце М.* Очистка сточных вод: биологические и химические процессы. – М.: МИР, 2006. – 480 с.

УДК 628.179.2

Анастасия Ильинична Матвеевко,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: matveenko96@mail.ru

Anastasiia Ilinichna Matveenko,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: matveenko96@mail.ru

УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРЫХ СТОКОВ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

TERMS OF USE OF GRAY DRAINS FOR RE-WATER SUPPLY

Экономия водных ресурсов в области жизнедеятельности человека становится одной из первостепенных задач. К 2050 году в соответствии с аналитическими прогнозами, потребление воды увеличится на 50% по сравнению с текущим водопотреблением. Поэтому, все более актуальны новые направления в сокращении потребления чистой воды. Также в настоящее время всё большее внимание привлекает вопрос о возможностях повторного использования сточных вод, в первую очередь с точки зрения решения экологических проблем. Помимо этого, водосберегающие технологии рассматривают в качестве средства преодоления дефицита водных ресурсов как в определенных регионах в целом, так и в масштабах отдельных сельскохозяйственных и промышленных предприятий. Сложившаяся на протяжении многих десятилетий стратегия использования городских сточных вод требует внесения изменений, так как она не ориентирована на повторное использование воды.

Повторное использование серых стоков в качестве технической воды широко используется в разных странах. Такая вода используется для полива зеленых территорий, смыва туалетов, мойки тротуаров и автотранспортных средств. Существует нормативная база показателей для различных целей использования, то есть, для серой воды, используемой для мойки автомобиля и для смыва туалетов, характеристика показателей будет различной.

Ключевые слова: серые стоки, вторичное использование, сточные воды, техническая вода, загрязняющие вещества, методы очистки.

Saving water resources in the field of human life is becoming one of the paramount tasks. By 2050, in accordance with analytical forecasts, water consumption will increase by 50% compared with current water consumption. Therefore, new directions in reducing the consumption of clean water are becoming increas-

ingly relevant. Also at present, more and more attention is attracted to the question of the possibilities of reuse of wastewater, primarily from the point of view of solving environmental problems. In addition, water-saving technologies are considered as a means of overcoming the shortage of water resources both in certain regions as a whole and on the scale of individual agricultural and industrial enterprises. The decades-old urban wastewater management strategy has been amended as it is not oriented towards reuse of water.

Reuse of gray effluents as process water is widely used in different countries. Such water is used to irrigate green areas, flush toilets, and wash sidewalks and vehicles. There is a normative base of indicators for various purposes of use, that is, for gray water used for washing a car and for flushing toilets, the characteristics of the indicators will be different.

Keywords: greywater, secondary use, waste water, industrial water, pollutants, cleaning methods.

Постоянный рост цен на питьевую воду, ограниченные источники качественной питьевой воды, нерациональное использование воды питьевого качества для смывания туалетов, полива зеленых насаждений и других целей приводит к тому, что нам необходимо искать дополнительные источники водоснабжения, а также сокращать потребление питьевой воды. По действующим на сегодня нормам СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий» объем полезного водопотребления жителями мегаполисов составляет 180–210 литров в сутки на одного человека. Одним из способов решения данных задач является использования технической воды в процессах, не требующих строгого соблюдения питьевого качества. Таким источником технической воды являются серые стоки.

Серые стоки – это наименее загрязненные стоки от умывальников, душевых и ванн, исключая сточные воды от посудомоечной машины и кухонной мойки. Доля таких стоков в общем потоке бытовых сточных вод составляет до 50%. Соответственно использование серых стоков сможет сократить потребление питьевой воды до 50%. По сравнению с черными, загрязненными фекалиями, стоками из туалетов, серые стоки отличаются следующими особенностями: меньшая степень загрязненности, меньшее содержание твердых включений и органики.

К примеру, в смыве от умывальников, раковин, ванн и бытовой техники содержится примерно на два порядка меньше общих колиформных бактерий и бактерий группы кишечных палочек в сравнении с фекальными стоками. А органические вещества, которые содержатся в серых стоках, разлагаются намного быстрее, чем содержащиеся в черных стоках, и для их разложения требуется меньшее количество кислорода. [2]

По причине относительно небольшой загрязненности серых стоков, затраты на их очистку существенно ниже. Использование очищенных серых стоков повторно дает, наряду с экологической пользой, ощутимую экономию водопотребления и денежных средств.

Таблица 1 составлена автором на основании источника [3].

Состав сточных вод представлен минеральными и органическими. Органические вещества, из песка, глины, шлака и растительного или животного происхождения, составляют примерно 58 %, а минеральные – 42 % от массы общих примесей. Среди взвешенных твердых веществ среднее значение крупнодисперсного материала из общей массы загрязняющих веществ составляло 35,4 %, коллоид – 14,3 %, а растворенное вещество – 50,3 %.

Таблица 2 составлена автором на основании источника [4].

Во многих странах повторное использование очищенных стоков уже широко используется. Безусловно, в качестве питьевого ресурса такую воду использовать нельзя, однако в качестве технической воды применение возможно. Серую воду из ванн можно после очистки использовать в качестве воды для смыва туалетов, писсуаров, а также для поливки прилегающей территории. Наиболее популярная технология сегодня – так называемые двойные системы. Рядом с обычной водопроводной сетью питьевого назначения организуется вторая выделенная сеть доставки сточной воды, прошедшей очистку. Такую воду можно использовать в следующих целях:

- бытовая техническая вода для санузлов в случаях, не предусматривающих прямой контакт с человеком (т. е. в основном, для слива унитазов);

- поливка зеленых насаждений садово-парковых зон,
- спортивных полей, полей для игры в гольф и пр.;
- мойка улиц, тротуаров, пешеходных переходов и т. п.;
- водоснабжение декоративных фонтанов; мойка автотранспортных средств.

Стоит добавить, что для каждой из данных целей использования необходимы соответствующие нормативы показателей загрязнений. Отдельные характеристики для технической воды, используемой на поливку зеленых насаждений и другие нормативы использования такой воды для смыва туалетов.

Для использования серых вод в качестве технической воды необходима нормативная база. Во многих странах она уже успешно применяется. В США, Японии, Австралии, Израиле, ряде других стран активно ведутся исследования, а также реализованы на практике схемы не питьевого использования серых сточных вод, прошедших необходимую обработку. Также необходимо учитывать географические отличия стран, различные культуры, традиции и т.д. Соответственно нашей стране нужны нормы, подходящие по географическим и другим параметрам.

Для экономии ресурсов питьевой воды рассмотрим вариант использования технической воды для бытовых нужд. Отметим, что во многих странах серые воды подразделяются на определенные категории потребления и для каждой из таких категорий существуют свои нормативные характеристики. В таких странах как Великобритания, Япония и Иордания серые воды используют для смывания туалета, полива зеленых территорий, мойки автомобиля, ландшафтное орошение и др. Сравнительная характеристика нормативных показателей представлена в табл. 3 [5].

В последнее годы на практике часто реализуют систему сертификации объектов с точки зрения их влияния на окружающую среду. Объекты подвергают сертификации по одной из следующих систем сертификации:

- 1) система LEED (Leadership in Energy and Environmental Design),
2. BREAM (Building Research Establishment Assessment Method).

Таблица 1

Характеристика серых стоков в различных странах

| Показатель | Единицы измерения | Австралия | | Франция | | Германия | | Велико-британия | | Испания | |
|------------------|-------------------|-----------|---------|-------------|------|-------------|---|-----------------|---------|-------------|----------|
| | | Ванны | 6,4–8,1 | Ванна + душ | 7,58 | Ванна + душ | – | Ванна + душ | 6,6–7,3 | Ванна + душ | 6,8–7,6 |
| рН | | | | | | | | | | | |
| Мутность | | 60–150 | 150 | | | | | | | | 20–38,8 |
| ВВ | мг/л | 48–80 | 125 | | | | | | | | 32,2–44 |
| Азот | мг/л | 0,05–02 | – | | | | | | | | – |
| Азот аммонийный | мг/л | 0,1–15 | – | | | | | | | | – |
| Общий азот | мг/л | – | 9,5 | | | | | | | | 4,1–11,4 |
| Фосфаты | мг/л | – | – | | | | | | | | – |
| Общий фосфор | мг/л | 0,11–1,8 | 0,42 | | | | | | | | – |
| БПК ₅ | мг/л | 76–200 | 240 | | | | | | | | 20 |

| | | | | | | |
|----------------------------|----------|---|------|-----|-------|-------|
| ХПК | мг/л | – | 399 | 100 | 86 | 72,7 |
| Общий органический углерод | мг/л | – | 50,6 | 26 | 12–56 | 41–58 |
| Коли-Индекс | в 1 л шт | | | | | |

Таблица 2

Характеристика бытовых сточных вод в РФ

| Показатель | Единица измерения | Значение |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| ВВ | мг/л | 300 |
| БПК _{полное} | мг/л | 180 |
| ХПК | мг/л | 340 |
| Общий фосфор | мг/л | 6,8 |
| Фосфаты | мг/л | 2,1 |
| Общий азот | мг/л | 38 |
| Азот аммонийный | мг/л | 17 |
| Коли-Индекс | в 1 л шт | 6,9–10 ⁸ |

Таблица 3

Нормативные показатели серых стоков
использующихся для смывания туалета в некоторых странах

| Показатель | Единицы измерения | Велико-британия | Япония | Иордания |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------|---------|----------|
| pH | | 5–9,5 | 5,8–8,6 | 6-9 |
| Мутность | | <10 | – | <5 |
| Остаточный хлор | мг/л | <2,0 | – | – |
| Остаточный бром | мг/л | 0 | – | – |
| Кишечные энтерококки | в 1 л | 100 | – | – |
| Кишечная палочка | в 1 л | 250 | – | <10 |
| Общее количество колиформных бактерий | в 1 л | – | <1000 | – |
| Яичные нематоды | в 1 л | – | – | <1 |
| БПК ₅ | мг/л | – | <20 | <10 |

Окончание табл. 3

| Показатель | Единицы измерения | Велико-британия | Япония | Иордания |
|-----------------|-------------------|-----------------|--------|----------|
| ХПК | мг/л | – | – | <20 |
| NO ₃ | мг/л | – | – | 70 |
| Общий азот | мг/л | – | – | 50 |

Вышеуказанные системы мотивируют проектировщиков к тому, чтобы в области водного хозяйства и электропотребления объектов применяли технические решения, которые регулируют потребление энергии и отведение сточных вод из объектов. Сертификация по зеленым стандартам LEED и BREAM это возможность внедрения инновационных технологий и улучшение качества окружающей среды. Также это снижение рисков морального устаревания и повышения цен на энергоресурсы. Для инженеров и проектировщиков участие в проектах, сертифицируемых по международным стандартам – это независимое международное подтверждение их компетенции, качества проектных решений и дополнительное конкурентное преимущество. И, несомненно, такие сертификаты качества как LEED и BREAM это выход на международный уровень качества и абсолютное лидерство.

Таким образом, важность и актуальность использования серых стоков объясняются следующими причинами: постоянный рост цен на питьевую воду, ограниченные источники качественной питьевой воды, использование серых стоков для спускания туалетов, поливки огородов, положительное влияние на оценку объектов по системе LEED, BREAM и т. п.

Выводы

Экономия водных ресурсов, повторное использование воды, сокращение расходов на сброс и очистку все это должно стать реальностью для нашей страны. Повторное использование серых

стоков дает возможность экономии около 50 % суточного потребления питьевой воды. Важность и актуальность использования серых стоков объясняются следующими причинами: постоянный рост цен на питьевую воду, ограниченные источники качественной питьевой воды, использование серых стоков для спуска туалетов, поливки огородов, положительное влияние на оценку объектов по системе LEED, BREAM и т. п. Вода-это жизненно важный ресурс, а использование воды питьевого качества на технические нужды- непозволительная роскошь в 21 веке.

Литература

1. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. М.: 2016, – 96 с.
2. *Кофман В. Я.* Повышение эффективности использования водных ресурсов: децентрализованная обработка серых сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. №4. С. 30-41.
3. *Oron G.* Greywater use in Israel and worldwide: standards and prospects // Water Research. Vo. 58. 2014. P. 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.032>
4. <https://dc-region.ru/stochnyye-vody>
5. *Abeer Albalawneh and Tsun-Kuo Chang.* “Review of the greywater and proposed greywater recycling scheme for agricultural irrigation reuses”. International Journal of Research – Granthaalayah, Vol. 3, No. 12(2015): 16–35.

УДК 624.01

Никита Алевтинович Нурманов,
студент
Александр Анатольевич Кириллов,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nurmanov.nik@gmail.com
kirillov510@gmail.com

Nikita Alevtinovich Nurmanov,
student
Alexander Anatolyevich Kirillov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nurmanov.nik@gmail.com
kirillov510@gmail.com

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ БУРОВОГО РАСТВОРА

DEWATERING OF DRILLING MUD

В статье рассматриваются способы обезвоживания бурового раствора. Ежегодно общий объем производимых работ с помощью технологии горизонтально направленного бурения в Российской Федерации ежегодно увеличивается. Пропорционально увеличивается и количество отходов бурения. Применяются способы утилизации отходов бурения: физический, химический, физико-химический, термический и биологический. В процессе горизонтально направленного бурения используется большой объем раствора, по причине того, что она подается на головку во время всего процесса бурения. Вместе с жидкостью на поверхность выносятся выбранный грунт. Отработанный буровой раствор собирается в специальные резервуары, где происходит его фильтрация. Универсальных средств не существует. Все они отличаются составом, вязкостью и плотностью. Свойства определяются концентрацией бентонита и полимерных присадок.

Ключевые слова: горизонтально направленное бурение, экология, трубопровод, буровой раствор, шлам.

The article discusses methods for dewatering drilling mud. Every year, the total amount of work performed using horizontal directional drilling technology in the Russian Federation increases annually. The amount of drilling waste increases proportionally. Methods of disposal of drilling waste are used: physical-chemical, physical-chemical, thermal and biological. In the process of HDD operation, a large volume of solution is used, due to the fact that it is fed into the head during the entire drilling process. Together with the liquid, the selected soil is brought to the surface. Spent drilling mud is collected in special containers, where it is filtered. There are no universal tools. They all differ in composition, viscosity, and density. The properties of bentonite are determined by the concentration and content of polymer additives.

Keywords: horizontal directional drilling, ecology, pipeline, drilling mud, sludge.

В процессе горизонтально направленного бурения рекомендуется применение бурового раствора. Буровой раствор заполняет пространство между трубопроводом и стенками скважины, тем самым снижается усилие протаскивания. Буровой раствор – это суспензия бентонита на водной основе и химических добавок. Применение бентонита обусловлена способностью увеличивать объём при насыщении водой. Бентонит увеличивается в объёме в до 16 раз впитывая воду, создавая гелеобразную субстанцию. Бентонита в процессе бурения формирует плотный гель в ограниченном пространстве скважины. Происходит уплотнение стенок скважины, бентонитовый раствор обеспечивает снижение трения, вымывает шлам, исключает налипание грунта на буровую головку.

В состав разных видов технических жидкостей входят такие ингредиенты как: бентонит, вода, кондиционеры, полимеры.

Недавно стали использоваться установки сухого горизонтально направленного бурения, работающие без использования бентонитового раствора. [1]

В таких установках буровой раствор заменяется сжатым воздухом и небольшим количеством биоразлагающейся добавки (например, разработанной фирмой Powermole) [2] или водяным распылением (разработка фирмы Steve Vick International). Наиболее распространёнными способами обезвоживания бурового шлама являются гидрофобизация, термический и экстракционный методы.

Экстракционный метод — процесс извлечения из шлама органических веществ с помощью растворителей. Применяется метод обезвоживания отработанного бурового раствора при добавлении коагулянтов и флокулянтов (сульфата алюминия и полимеров).

Метод широко применяется в провинции Альберта (Канада). Недостатки метода — возможность просачивания органических веществ, хлоридов и токсичных металлов в грунтовые воды, а также их биоаккумуляция в растениях [3].

За рубежом наиболее часто на промыслах используют методы обезвоживания шлама извлечения органических веществ, разработанные фирмой Varoid. Шлам после прохождения через вибро-

сита промывается водой с добавкой растворителя в промывочном устройстве. Доработанная схема может применяться и для морских установок. В данной схеме шлам с вибросит поступает в моечное устройство, в котором распыляется вместе с отмывным раствором и далее сбрасывается в систему из двух труб, заполненную водой. [4].

Технологический процесс фирмы Faster Wheeler Energy Corporated предусматривает обработку шлама в испарителях до полного удаления влаги. После этого производится сепарация до полного отделения твёрдого сухого продукта. Шлам, обработанный таким образом, может быть использован в качестве удобрения, топлива, грунта. Около 70 предприятий США, а также других стран применяют данный метод [5]. Фирмой West Group Int. с целью прокаливанию шлама для выжигания углеводородов разработана двухкамерная печь.

Фирмой Delta Unifiltr разработана автоматизированная установка, в которой высушивание шлама осуществляется под давлением [6].

Так же применяются мобильные установки, например, Система очистки бурового раствора GN200 GPM HDD (рис. 1).



Рис. 1. Установка GN200 GPM HDD

Экспериментальные исследования, проведённые в БашНИПИнефть, показали принципиальную возможность разработки малоотходной технологии бурения, позволяющей получать из

отработанный буровой раствор химически обработанные глинопо-
рошки для приготовления глинистых буровых растворов. Для по-
лучения глинопоорошков предлагается использовать распылитель-
ную сушилку конструкции НИИСтройкерамики. [7].

Фирмой METAFLO разработана система обезвоживания бу-
рового раствора с применением реагента MetaFLO Reagent MF002

Этот реагент предназначен для работы в сочетании со смеси-
тельным устройством MetaFLO LMS и используется для затвер-
девания и стабилизации буровых растворов. MF002 предназначен
для использования на буровых растворах или аналогичных отхо-
дах, которые не проходят тест на красящий фильтр (PFT) и про-
цедуру выщелачивания характеристики токсичности TCLP для тя-
желых металлов. [8]

Результаты видны уже через 10 минут после применения ре-
агента (рис. 2).

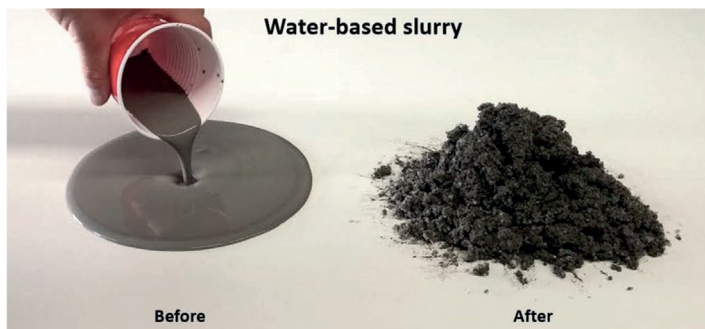


Рис. 2. Применения реагента

Технология прокладки инженерных сетей методом горизон-
тально направленного бурения существует с 1963 года. Пришла
эта технология с нефтегазовой отрасли, именно там впервые при-
менили этот метод, при бурении нескольких подземных озёр не-
фтяных месторождений. Из нефтегазовой отрасли пришел тех-
нологии очистки и регенерации бурового раствора. При бурении

нефтегазовых скважин, состав бурового раствора сильно отличается и более токсичен, чем при прокладке инженерных сетей, так как состав грунта отличается в зависимости от глубины бурения. При прокладке сетей методом ГНБ так же встречаются захоронения, токсичные вещества и т.д. Поэтому методы очистки и регенерации нефтегазовой отрасли подходят для строительства наружных инженерных сетей.

На протяжении всего периода применения технологий строительства скважин велись разработки методов утилизации отходов. Разработано и внедрено множество технологий переработки и обезвреживания отходов бурения, основные способы основаны на физических, химических, физико-химических и биологических методах. Наиболее эффективными являются комбинированные методы, сочетающие различные способы очистки и обезвреживания. Выбор технологий методов очистки буровых отходов должен быть обусловлен требованием к захоронению и переработке, так руководствуясь технико-экономическими показателями и требованиями по охране окружающей среды. В статье описаны только некоторые способы обезвреживания бурового раствора.

Литература

1. *Грей Дж. Р., Дарли Г. С. Г.* Состав и свойства буровых агентов (промывных жидкостей): пер. с англ. – М.: Недра, 1985 – 509 с.
2. URL: <https://www.stevevick.com>, дата обращения 10.03.2020
3. Современные методы утилизации буровых отходов / Г. Г. Ягафарова [и др.] // Экология и промышленная безопасность – Казань, 2018, т. 16, № 2 – С. 123-129.
4. URL: <https://www.powrmole.com>, дата обращения 04.03.2020
5. Пат. 2413835 РФ, Е21В21/06. Способ утилизации отходов бурения / Г. Г. Ягафарова, Д. В. Рахматуллин, И. Р. Ягафаров, А.В. Московец, А.В. Сафаров. 2008109637/03; заявл. 13.10.2009; опубл. 10.03.2011. Бюл. № 7. 7 с.
6. URL: <http://metaflotech.com>, дата обращения 11.03.2020.
7. *Рыбаков А. П.* Основы бестраншейных технологий. М.: ПрессБюро, 2005. – 304 с.

УДК 628.247.1

Антон Дмитриевич Степанов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: aton.step@mail.ru

Anton Dmitrievich Stepanov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: aton.step@mail.ru

АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ANALYSIS OF THE REASONS FOR DESTRUCTION OF SEWER PIPELINES

В статье приведен анализ статистических данных о состоянии подземных трубопроводных коммуникаций в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Рассмотрены причины и последствия состояния канализационных труб. Выявлены основные факторы влияющие на причины разрушения, в частности основной – воздействие агрессивной среды, с которой соприкасается наружная и внутренняя поверхности трубопровода.

Ключевые слова: трубопровод, классификация, канализационные трубопроводы, коррозия, деформация.

The article provides an analysis of data on the status of underground pipelines in the field of housing and communal services. The causes and consequences of the condition of sewer pipes are considered. The main factors affecting the causes of destruction were identified, in particular the main one – the impact of an aggressive environment with which the external and internal surfaces of the pipeline come into contact.

Keywords: pipeline, classified, sewer pipelines, corrosive, deformation.

Главными причинами негативной работы канализационных трубопроводов являются: старение материала труб, нарушение целостности материала, засоры, дефекты при производстве труб или их стыков, низкая культура эксплуатации системы водоотведения, внутренняя и наружная среды.

Решением является увеличение темпов реновации водоотводящих трубопроводов, с целью предотвращения их аварийного состояния. К сожалению, на данный момент возможностей эксплуатирующих организаций недостаточно для этого.

На основании анализа российских и иностранных литературных источников определено, что в секторе жилищно-коммунального хозяйства износ трубопроводных коммуникаций и оборудования различного назначения достигли критических значений: около 60% трубопроводных коммуникаций исчерпали нормативный срок службы и требуют ремонта. Из 100% городских безнапорных водоотводящих трубопроводов около 30% сетей требуют срочного ремонта [1].

Протяженность изношенных канализационных сетей, в том числе каналы большого диаметра, составляет от 46 до 69% в зависимости от диаметра. На данный момент объемы реконструкции и замена старых трубопроводов путем прокладки новых составляет всего 0,95% от общей протяженности. Для обеспечения нормального функционирования канализационных систем требуется ежегодная реконструкция и замена трубопроводов в объеме 1,5% от общей протяженности [2].

Водоотводящим сетям, в отличие от водопроводных, свойственно разнообразие повреждений, свидетельствующих о специфике их работы и эксплуатации. Необходимо учитывать качество проектирования и прокладки трубопроводов, а также их материал при разработке стратегии восстановления городских водоотводящих сетей.

На срок службы и эффективность работы канализационных сетей оказывают влияние: состав грунта, близость к грунтовым водам, глубина заложения труб. Уменьшить уровень воздействия факторов, напрямую или косвенно влияющих на проявление многочисленных причин разрушения, возможно уже на этапе проектирования при решении схемы водоотведения вновь строящихся, существующих и реконструируемых городов [3].

Рассмотрим некоторые причины разрушения канализационных трубопроводов.

1. Частичное разрушение днища, стенок и свода трубы (рис. 1).

Из-за поперечной деформации грунтов, динамической и статической нагрузок, основа трубопровода частично разрушается, что

приводит к изменению гидравлических параметров и эксфильтрации/инфильтрации. При этом данная причина имеет место быть при любом материале труб.

Трубопровод с данной причиной разрушения не имеет ограничений по способу реконструкции, среди бестраншейных технологий реновации.

2. Разрыв (рис. 2).

Из-за некачественной заделки стыков во время монтажных работ или дефектов при изготовлении на заводе, между трубопроводами происходит деформация и разрыв стыков, что приводит к перелому в местах стыка и эксфильтрации/инфильтрации. Данной причине подвержены трубопроводы из любого материала, особенно из армированного бетона.

Трубопровод с данной причиной разрушения может иметь ограничения по способу реконструкции, среди бестраншейных технологий реновации. В частности при протяжке чулка.

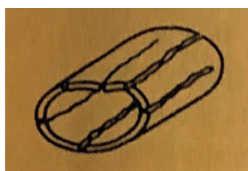


Рис. 1. Частичное разрушение дна, стенок и свода трубы

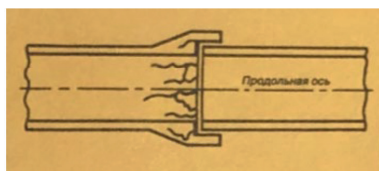


Рис. 2. Разрыв

3. Коррозия дна, свода и стенок (рис. 3).

Из-за воздействия на стенки сточной жидкости и выделяющихся при этом газов, происходит образование местных коррозионных катетов на внутренней поверхности трубопровода, что приводит к изменению гидравлического режима. Данной причине подвержены трубопроводы на базе цемента.

Трубопровод с данной причиной разрушения не имеет ограничений по способу реконструкции, среди бестраншейных тех-

нологий реновации. В частности возможно применение местных способов заделки разрушенных участков цементным раствором.

4. Наносы в виде осевшего песка (рис. 4).

Из-за изменения гидравлического режима в ходе нарушений проектирования и эксплуатации, происходит выпадение песка в нижней части трубы, что приводит к закупорки живого сечения и аварийной ситуации. Данной причине подвержены трубопроводы из любого материала.

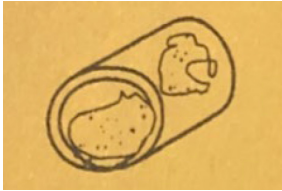


Рис. 3. Коррозия днища, свода и стенок

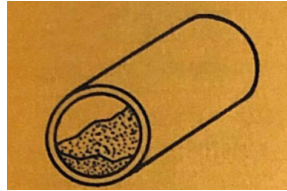


Рис. 4. Наносы в виде осевшего песка

Трубопровод с данной причиной разрушения может иметь ограничения по способу реконструкции, среди бестраншейных технологий реновации. В частности, при невозможности осуществления промывки, выполнить замену бестраншейным способом возможно при помощи технологии разрушения существующего трубопровода и прокладки на его место нового.

5. Отложения жировых и солевых наносов (рис. 5).

Из-за состава сточных вод, происходит нарушение гидравлического режима и закупорка живого сечения, что приводит к отложению на стенках и нижней части трубы отложение минеральных, органических солей и жиров. Данной причине подвержены трубопроводы из любого материала.

Трубопровод с данной причиной разрушения не имеет ограничения по способу реконструкции, среди бестраншейных технологий реновации.

6. Проникновение корней деревьев и кустарников в трубопровод (значительное и незначительное) (рис. 6).

Из-за нарушения герметичности труб, а именно нарушение стыков, наличие трещин, разрушение защитных оболочек, происходит частичное или полное перекрытия живого сечения корнями, что приводит к нарушению гидравлического режима, закупорки живого сечения и аварийной ситуации. Данной причине подвержены трубопроводы из любого материала особенно с раструбным соединением.



Рис. 5. Отложения жировых и солевых наносов

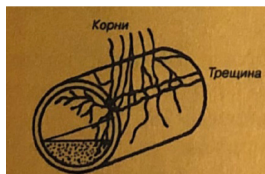


Рис. 6. Проникновение корней деревьев и кустарников в трубопровод

Трубопровод с данной причиной разрушения может иметь ограничения по способу реконструкции, среди бестраншейных технологий реновации. В частности, при значительном проникновении корней деревьев и не возможности их удаления, технологии по протягиванию в существующий трубопровод чулка/трубы будут не выполнимы.

7. Закупорка сечения примыкающими трубопроводами (рис. 7).

Из-за некачественной прокладки основного и примыкающего трубопроводов, подвижки грунтов со смещением примыкающего трубопровода внутрь основного, происходит перекрытие живого сечения основного трубопровода, что приводит к нарушению гидравлического режима, закупорки живого сечения. Данной причине подвержены трубопроводы из любого материала особенно с раструбным соединением.

Трубопровод с данной причиной разрушения не имеет ограничения по способу реконструкции, среди бестраншейных технологий реновации.

Исходя из выше изложенного можно выделить основные факторы снижения надежности конструкций канализационных трубопроводов, а именно: разнообразное воздействие агрессивной среды и появление препятствий течению жидкости.



Рис. 7. Закупорка сечения примыкающими трубопроводами

Источниками агрессивного воздействия на трубопроводы могут служить: грунтовый массив; грунтовые воды; сточная среда. Разрушая конструкции, агрессивная среда способствует поступлению различных вредных веществ в окружающую среду. В сточной жидкости, находящейся в анаэробной среде в течение 2-х и более часов, начинаются процессы разложения. Естественное гниение и распад белков побуждает всю систему к выделению в среду сульфатов, которые снижают рН. Сульфаты восстанавливаются до сероводорода, который находится в растворенном состоянии до тех пор, пока не появляются условия для его высвобождения – перепадные колодцы, камеры дюкеров, повышение температуры и пр.

Коррозия поверхности внутри трубопровода имеет место в основном при перекачке водных сред с растворенными в них коррозионно-опасными веществами, а именно соль, кислоты и щелочи (рис. 8).

Появление препятствий течению жидкости зависит от глубины пролегания трубопровода (рис. 9) [5].

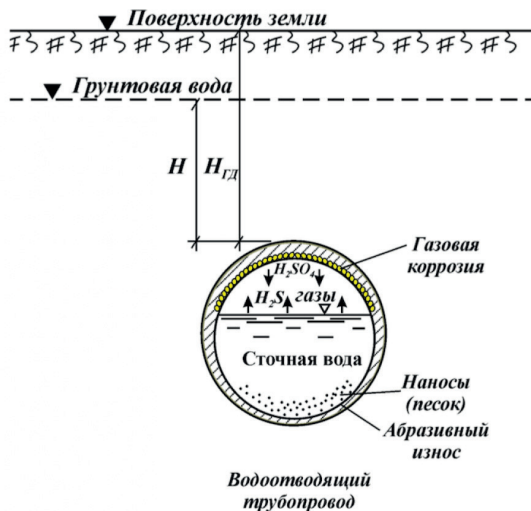


Рис. 8. Иллюстрация воздействия на трубопроводы нагрузок, приводящих к дестабилизации их работы

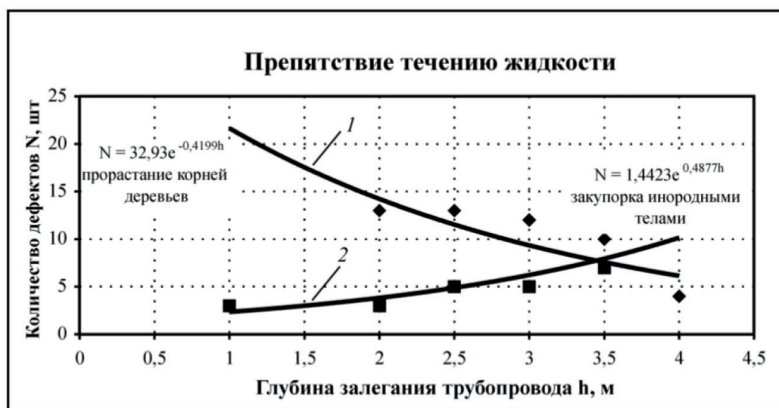


Рис. 9. Динамика случаев появления препятствий течению жидкости от глубины пролегания трубопровода: 1 – прорастание корней деревьев; 2 – закупорка инородными телами

Из рис. 9 видна зависимость количества дефектов от глубины заложения трубопровода. Чем глубже заложена труба, тем больше вероятность закупорки участков сети инородными телами. При этом, чем меньше глубина заложения трубопровода, тем больше вероятность разрушения трубопровода по причине прорастания корней деревьев.

Также следует учитывать косвенные факторы, влияющие на риск возникновения отказа работы водоотводящей сети. Данные факторы представлены на (рис. 10) [4].

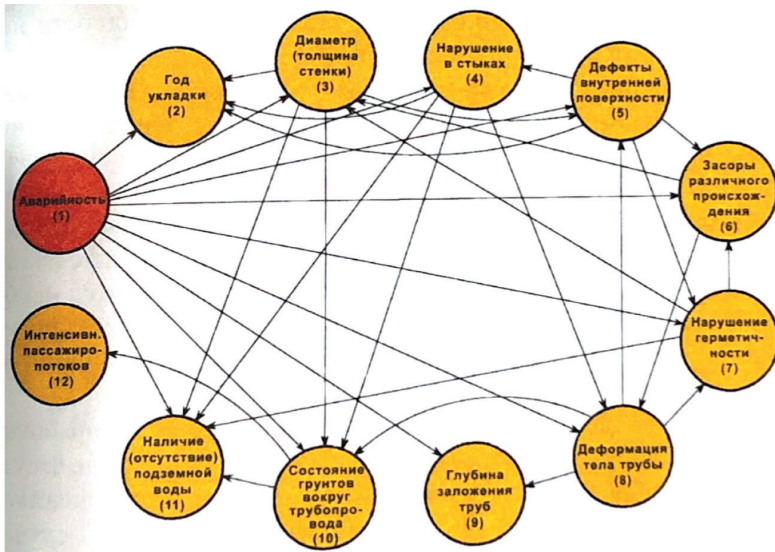


Рис. 10. Граф связности факторов, влияющих на аварийность водоотводящей сети

Плотность населения как важный фактор в чистом виде отсутствует, т. к. является относительно не зависимым по отношению к нарушениям работы наружных канализационных сетей: в случае аварийной ситуации на городских сетях население жилых зда-

ний и других гражданских и промышленных объектов не перестает пользоваться услугами внутреннего водоотведения.

Также не подлежит учету фактор давления воды, по причине безнапорного движения жидкости.

Данные статистики свидетельствуют о том, что есть значительные проблемы в области водоотведения. Необходимо выявлять причинно-следственные зависимости между причинами разрушения и факторами влияющими на них. Выбор той или иной технологии реновации напрямую зависит от знания причин разрушения и факторов на них влияющих.

Литература

1. *Орлов В. А., Хантаев И. С., Орлов Е. В.* и др. / Оценка состояния трубопроводов городских водопроводной и водоотводящей сетей для выбора объекта ремонта или реконструкции // Журнал Строительство и Архитектура, Изд. ВНИИНТПИ Госстроя РФ, Обзорная информация, вып.6, серия инженерное обеспечение объектов строительства. – 2006. – 87 с.

2. *Орлов В. А., Хантаев И. С.* / Исследование дестабилизирующих факторов, влияющих на работоспособность водоотводящих сетей // Журнал Вестник МГСУ. – 2008. – с. 121.

3. *Орлов В. А., Харьков В. А.* / Систематизация и анализ патологий водоотводящих сетей, подлежащих восстановлению // РОБТ. – 2001. – №2 – 25 с.

4. *Храменков С. В., Орлов В. А., Харьков В. А.* / Оптимизация восстановления водоотводящих сетей // Стройиздат М. – 2002. – 160 с.

5. *Орлов В.А.* / Системный анализ состояния и тактики реновации водопроводных и водоотводящих сетей // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Москва. – 2009. – 35 с.

УДК 614.842.615

Любовь Андреевна Ухова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: L.ukhova96@mail.ru

Lyubov Andreevna Ukhova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: L.ukhova96@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕННЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

CHARACTERISTICS OF FOAM EXTINGUISHING OIL PRODUCTS

В работе представлены характеристики пенных средств пожаротушения нефтепродуктов на предприятиях нефтяной промышленности, а именно тушение пламени нефтепродуктов пеной, полученной из пенообразователей. Рассмотрена классификация пенообразователя и непосредственно самой пены, полученной на основе пенообразователя. Приведен механизм стабилизации пены на примере Марангоне. Проанализировано влияние пены и пенообразователя на окружающую среду и материалы, используемые на очистных станциях. Представлена классификация пены по структуре и рассмотрены более детально ее составляющие. Также был произведен анализ устойчивости пены от его молекулярной массы.

Ключевые слова: пенообразователь, поверхностно-активные вещества, пена, нефтепродукты, биоразлагаемость.

The paper presents the characteristics of foam means for extinguishing oil products at the enterprises of the oil industry, namely extinguishing the flame of oil products with foam obtained from foaming agents. The classification of the foaming agent and the foam itself obtained on the basis of the foaming agent is considered. The foam stabilization mechanism is illustrated by the example of Marangone. The influence of foam and foaming agent on the environment and the materials used in sewage treatment plants are analyzed. The foam classification by structure is presented and its components are considered in more detail. An analysis was also made of the stability of the foam from its molecular weight.

Keywords: foaming agent, surfactants, foam, petroleum products, biodegradability.

Одним из эффективных средств тушения пожаров, на предприятиях использующих нефтепродукты, является пена [1]. Она

используется как для тушения самих пожаров, так и при проведении учений по противопожарной защите. Несмотря на эффективность данного средства при тушении пожаров, пена обладает рядом недостатков, связанных с ее негативным воздействием на окружающую среду и на материалы, используемые на очистных сооружениях, куда может попадать с ливневыми стоками.

Для получения пены используются водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые являются экологически опасными веществами, так как на их биоразложение требуется длительное время [2]. После тушения пожара ПАВ-содержащие стоки попадают на локальные очистные сооружения предприятия (ЛОС) или в коммунальную канализацию с последующей очисткой на городских очистных сооружениях (КОС). Возможен также и вариант прямого поступления в водные объекты по опасной линии. При этом, как известно, они не всегда безвредны – в результате оказывают негативное воздействие на процессы очистки проходящие на ЛОС и КОС и на применяемые сорбционные материалы, что частично или полностью выводит из строя очистные сооружения и наносят вред водному объекту [3].

Целью данной работы является изучение методов классификации пены и пенообразователя, а также рассмотрение их свойств с позиции воздействия ПАВ на структурные составляющие очистных сооружений.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – это вещества с асимметричной молекулярной структурой, молекулы которых содержат один или несколько гидрофобных радикалов и одну или несколько гидрофильных групп [4].

Для пожаротушения применяются пенообразователи, которые представляют собой раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ). Чтобы его получить, первичный пенный концентрат необходимо разбавить водой на 94–99 %, таким образом, чтоб содержание пенообразователя не превышало 6 % [1]. Концентрация рабочего раствора будет зависеть от типа пенообразователя.

Классификация ПАВ в зависимости от природы основного поверхностно – активного вещества подразделяют на 3 типа [1]:

- 1) синтетические углеводородные;
- 2) фторсодержащие;
- 3) протеиновые (белковые).

Схожая классификация представлена и в нормативной литературе, а именно – ГОСТ Р 50588-2012 «Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний» [6]. Согласно ГОСТу пенообразователи, которые используются для тушения нефти и нефтепродуктов, характеризуют как пенообразователи целевого назначения.

По химическому составу пенообразователи целевого назначения подразделяют на:

- 1) синтетические углеводородные типа S и его модификации S/AR;
- 2) синтетические фторсодержащие типа AFFF и его модификаций AFFF/AR и AFFF/AR-LV;
- 3) протеиновые фторсодержащие типов FFFP и FP и его модификаций, FP/AR и FFFP/AR.

При тушении пожаров применяют все представленные типы пен и пенообразователя.

По структуре пены представляют из себя: дисперсию газов в жидкой среде (жидкие пены) – высокодисперсные или газов в твердой среде (твердые пены) – грубодисперсные. Особое значение для жидких дисперсных сред имеют показатели: *устойчивости, стабилизации и разрушения*.

Устойчивость можно определить гидродинамическим фактором и такими факторами как: *стойкость, кратность и вязкость*.

К свойствам пены относят *кратность* – это отношение объема пены (V_1) к объему жидкости в пене (V_2) и рассчитывают по формуле:

$$K = V_1/V_2.$$

Классификация пены по кратности:

- 1) низкократные ($3 < K < 20$), пеноэмульсии ($K < 3$);
- 2) средней кратности ($20 < K < 200$);
- 3) высокократные ($K > 200$).

С ростом кратности увеличивается роль структурно-механического фактора в ее устойчивости.

Оценивать устойчивость пены принято по времени «жизни» пузырька или данного ее объема. Если использовать ПАВ как пенообразователь, то с ростом их молекулярной массы стабильность пены возрастает до некоторого предельного значения, а при последующем увеличении молекулярной массы будет снижаться. Высокая стабильность пены наблюдается с увеличением концентрации низкомолекулярных пен. Пены созданные на их основе быстро разрушаются по мере истечения междупеночной жидкости. Для тушения пожаров в основном применяют пены, созданные воздушно-механическим способом, низкой кратности. Потому что стойкость уменьшается с увеличением кратности пены.

Рассмотрим стабилизацию пены на примере эффекта Марангони. «При локальном утончении пленки пены увеличиваются поверхностные натяжения. Проявление градиента поверхностного натяжения вызывает течение раствора из области низких поверхностных натяжений в местах утончения пленки [7].

Разрушения пены увязывают с капиллярным давлением, которое создает переток жидкости в утолщенные участки, которые в свою очередь находятся с наименьшим гидростатическим давлением. А также при диффузии газа из маленького пузырька в наиболее крупный. В ряде случаев существует необходимость в разрушении пен, образование которых нежелательно, например, в некоторых технологических процессах очистки стоков. Разрушение пен происходит двумя путями:

Предупреждением пенообразователя, он применяется за счет химических веществ, которые в свою очередь загрязняют окружающую среду.

Разрушение образовавшейся пены, здесь можно использовать как химические (предусматривают использование антивспенивате-

лей), так и нехимические способы (физические: температура, ультразвук, электричеством и механические: центробежные, аэродинамические, гидродинамические и барометрические).

Для утилизации пены в очистных сооружениях или локальных очистных сооружениях, ее необходимо гасить или предотвращать ее повторное образование, иначе она мешает нормальному функционированию процессов очистки сточных вод.

В результате проведённой работы были сделаны следующие выводы:

1. На сегодняшний день наибольшее распространение среди пенообразователей получили синтетические фторсодержащие пленкообразующие пенообразователи AFFF.

2. Текущие подходы к вопросу борьбы с негативным влиянием на экологию пенообразователей, содержащихся в сточных водах, заключаются в усовершенствовании характеристик пенообразователя и в разработке новых.

3. Лишь сравнительно недавно был поднят вопрос об экологическом вреде пенообразователей, содержащихся в сточных водах, поэтому изучение данного вопроса в литературе остается малоизученным. Помимо улучшения экологических характеристик пенообразователей и работ, направленные на будущее, следует провести работы по исследованию возможного негативного влияния сточных вод, которые содержали пенообразователи, на окружающую среду на тех объектах, где в большом количестве были использованы пенообразователи, в частности некоторые объекты нефтяной промышленности.

Литература

1. Шароварников А. Ф., Шароварников С. А. Пеннообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение.//Москва Пожнаука 2005. 362 с.

2. Дадашов И. Ф., Киреев А. А., Жерноклёв К. В. Пути повышения экологических характеристик средств тушения горючих жидкостей // Техногенно-экологична безпека. 2017. № 1. Р. 39–43.

3. *Ivanković T., Hrenović J.* Surfactants in the Environment // Arch. Ind. Hyg. Toxicol. 2010. Vol. 61, № 1.
4. ГОСТ 32509-2013 Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде.
5. *Макаров А. А., Митрова Т. А., Кулагин В. А.* Долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России // Экономический журнал ВШЭ. 2012. № 2.
6. ГОСТ Р 50588-2012 Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний (с Поправкой).
7. *Фролов Ю. Г.* Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для вузов. // Москва. Химия 1988. 464 с.

УДК 614.842.615

Любовь Андреевна Ухова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: *L.ukhova96@mail.ru*

Lyubov Andreevna Ukhova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: *L.ukhova96@mail.ru*

ОБЗОР МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ В ПЕННЫХ СРЕДСТВАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

OVERVIEW OF METHODS FOR CLEANING WASTE WATER CONTAINING FOAM FORMERS IN FOAM PRODUCTS FOR FIRE-FIGHTING OIL PRODUCTS

В работе рассмотрена система очистки ливневой канализации предприятия нефтяной промышленности. Анализ показал, что воды загрязненные СПАВ оказывают негативное влияние как на очистные сооружения, так и на окружающую среду. Были проанализированы причины плохой очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты. А также рассмотрены методы очистки стоков нефтяной промышленности, которые менялись с течением времени и сегодня используются весьма сложные методы очистки направленные на повторное использование воды. Тем не менее, расчет систем очистки при проведении учений по противопожарной защите, обычно не рассматривается, поэтому его следует изучить.

Ключевые слова: пена, пенообразователь, синтетические поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, очистка сточных вод, очистные сооружения.

The work considers a system for cleaning storm sewers of an oil industry enterprise. The analysis showed that waters contaminated with surfactants have a negative impact on both treatment facilities and the environment. The causes of poor treatment of wastewater containing petroleum products were analyzed. It also considers methods for treating wastewater from the oil industry, which have changed over time and today very sophisticated treatment methods are used to reuse water. However, the calculation of cleaning systems during fire protection exercises is usually not considered, so it should be studied.

Keywords: foam, foaming agent, synthetic surfactants, oil products, wastewater treatment, treatment facilities.

В современном мире мы часто сталкиваемся с таким явлением как «пожар», но чтобы этого избежать проводят регулярные противопожарные учения, примерно 1–2 раза в год на предприятиях нефтяной промышленности, с применением синтетических пен. Далее образовавшаяся пена со СПАВ попадает в ливневую канализацию предприятия, на котором происходит учение. В данной работе рассмотрено влияние очистки пены со СПАВ на очистных сооружениях, предназначенных для очистки нефте-содержащих сточных вод поступаемых с предприятия нефтяной промышленности.

Для достижения нормативных показателей по очистке сточных вод требуется качественная и эффективная очистка, но порой этого трудно достичь из-за таких показателей как [1]:

- несоответствия технологии очистки состава сточной воды;
- применения устаревшей технологии очистки;
- отсутствие или же нехватка ЛОС (локальные очистные сооружения);
- неудовлетворительная эксплуатация ОС (очистные сооружения);
- физический износ оборудования.

По выявленным причинам следует, что все параметры взаимодействуют напрямую с проблемой очистки сточных вод.

Предметом исследования являются сточные воды нефтяного производства.

Объектом исследования является технология очистки сточных вод предприятий нефтяной промышленности, при проведении учений по противопожарной защите с применением СПАВ.

Рассмотрим ситуацию проведения противопожарных учений на предприятии нефтяной промышленности, когда производится сброс большого количества пены в ливневую канализацию. Цель нашей работы – анализ, влияния СПАВ на компоненты ОС, и как они будут влиять на процесс очистки стоков.

Для этого рассмотрим типовую блочно-модульную схему очистки ливневых стоков компании HELYX, на рисунке 1 представлен

бензомаслоотделитель. Схема состоит из элементов: накопитель, тонкослойный отстойник, коалесцирующий фильтр, сорбция.

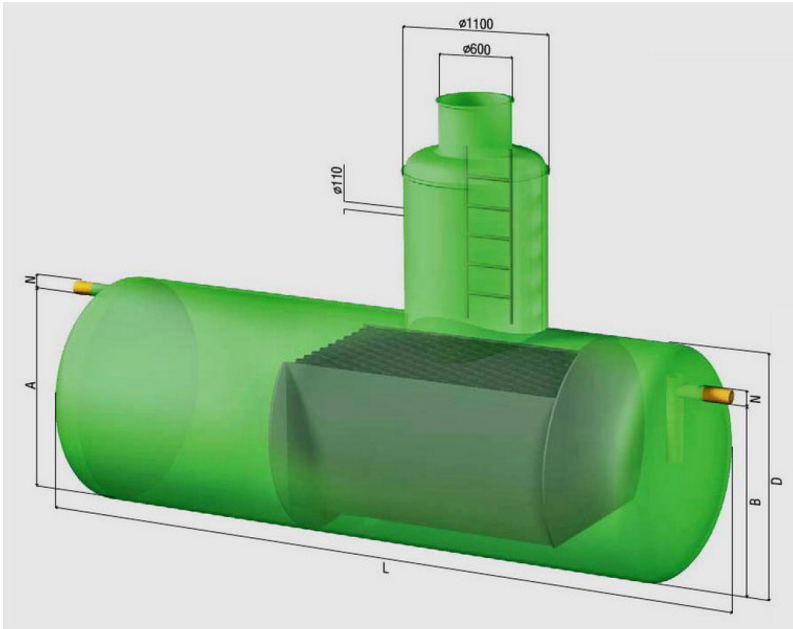


Рис. 1. Бензомаслоотделитель

Бензомаслоотделитель – сооружение для механической очистки поверхностных сточных вод, применяемое для удаления нерастворённых частиц нефти, масел и продуктов сгорания топлива [2].

После проведения противопожарных учений образовавшуюся пену смывают в ливневую канализацию, после чего стоки попадают в накопитель, где сосредоточена большая часть стока. Там СПАВ частично осаждаются на стенки накопителя, что способствует образованию пены при дальнейшей эксплуатации сооружения [3].

Следующим этапом, стоки попадают в отстойник с тонкослойными модулями, нахождение большого количества пены затруд-

няет оседание взвешенных веществ и выносит их на фильтры, а также не дает нефтепродуктом всплывать, что затрудняет их сбор и вынос на следующие стадии очистки, снижая тем самым общую эффективность очистки стоков. Чтобы предотвратить все нежелательные процессы, нужно обеспечить низкое содержание синтетических поверхностно-активных веществ, в стоках которые поступают в отстойник с тонкослойными модулями.

Далее стоки проходят через коалесцирующий фильтр. Коалесценцией называю слипание частиц дисперсной фазы эмульсии, таких как нефтепродукты, с полной ликвидацией первоначально разделяющей частицы межфазной поверхности. Таким образом, приводят к изменениям фазово-дисперсного состояния и укрупнению капель исходной эмульсии. В основе принципа коалесценции эмульгированных нерастворимых в воде жидкостей на фильтрующем материале лежит явление адгезии и смачивания, которые в некоторой степени влияют и на процессы обычной фильтрации. При уже имеющемся режиме работы коалесцирующих фильтров на поверхности фильтрующего материала будет образовываться слой дисперсной фазы. Дальнейшая коалесценция капель нерастворимых в воде жидкостей протекает при их взаимодействии с этим слоем. Но если мы имеем дополнительную нагрузку в виде СПАВ, которая в свою очередь препятствует образованию дисперсного слоя, то фильтр уже не может обеспечить очистку от нефтепродуктов.

Следующей ступенью очистки стоков, является сорбции на активированных углях. Как показывает практика, применение активированных углей для очистки от СПАВ наилучший выбор, так как такой способ обеспечивает глубокое удаление загрязняющих веществ. Однако, активированные угли обладают низкой сорбционной емкостью, что не может в полной мере обеспечить нам очистку при увеличенном количестве СПАВ в сточных водах, при противопожарных учениях. Впоследствии сбрасываемые стоки направляются в канализационные сети города или по байпасной линии прямиком в водоем.

Пенообразование не поддается регулированию и интенсивность этого процесса зависит от свойств и степени биохимического распада СПАВ, а также от состава сточных вод.

Анализ материала показал, синтетические поверхностно-активные вещества отрицательно действуют не только на водоемы и почву, но и негативно сказываются на работе очистного оборудования. На таких производствах, как нефтяная промышленность, пены мешают нормальному функционированию локальной очистной станции, поэтому их нужно гасить или нейтрализовать другими путями, например, использовать механическую, термическую и акустическую обработку [4].

Итак, предельно допустимая концентрация этих веществ не должна превышать 20 миллиграмм в расчете на литр жидкости. Жесткие синтетические ПАВ и вовсе должны быть полностью удалены из стоков с применением химического и физико-химического методов.

В результате проведённой работы были сделаны следующие выводы:

1. Проанализированы причины плохой очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты.
2. Рассмотрена блочно-модульная схема очистки ливневых стоков и проанализировано влияние синтетических поверхностно-активных веществ на ее составляющие.
3. Рассмотрены методики очистки поверхностных сточных вод.
4. По результатам анализа изменения качества поверхностных вод и эффективности традиционных технологий водоочистки в условиях повышенной антропогенной нагрузки, обоснована целесообразность дальнейшего усовершенствования и создания более экономичных и эффективных технологий.

Литература

1. *Нечаев И. А.* Комплексная очистка нефтесодержащих сточных вод / Потанина В. А // Экология производства. 2006. № 6. С. 42–45.
2. Инженерные системы, трубы и резервуары из композитов, URL: www.helix.ru.

3. Белов П. С., Голубева И. А., Низова С. А. Экология производства химических продуктов из углеводородов нефти и газа. Учебник для вузов – М: Химия, 1991, 256 с.

4. Субботкин Л. Д., Вербицкая Н. Ю. Национальная академия природоохранного и курортного строительства. Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом электрофлотокоагуляции. /Строительство и технологическая безопасность. Выпуск 38, 2011.

УДК 628.218

Ксения Александровна Хворостинская,
студент
Владимир Петрович Верхотуров,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: khvorostinskaja@gmail.com,
WladW@mail.ru

Kseniia Aleksandrovna Khvorostinskaia,
student
Vladimir Petrovich Verkhoturourov,
PhD of Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: khvorostinskaja@gmail.com,
WladW@mail.ru

УЧЕТ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО СТОКА В СИСТЕМАХ КАНАЛИЗАЦИИ

ACCOUNTING FOR THE INFILTRATION OF RUNOFF IN SEWER SYSTEMS

В статье рассмотрена проблематика инфильтрационного стока поступающего в системы водоотведения. Проникновение грунтовых вод в канализационную систему неблагоприятно влияет на работу насосных станций и очистных сооружений, перегружая их в периоды снеготаяния и выпадения обильных дождей. Оперативные наблюдения показывают, что инфильтрационная вода поступает почти непрерывно в течение всего года в водоотводящие сети, проложенные ниже уровня грунтовых вод. В зависимости от срока эксплуатации водоотводящих сетей, конкретных условий прокладки и материала трубопроводов, климатических и геологических особенностей, объем поступающего инфильтрационного стока, может в значительной степени различаться. Возможность учета объема поступающих инфильтрационных вод позволит принимать более обоснованные решения как на этапе проектирования, так и при эксплуатации водоотводящих систем.

Ключевые слова: сети водоотведения, канализация, инфильтрационный сток, инфильтрация, грунтовые воды, инфильтрат.

The article deals with the problem of accounting for infiltration runoff in the sewer. The penetration of ground water into the sewer system adversely affects the operation of treatment facilities, overloading them during periods of heavy rains. Operational observations show that infiltration water flows almost continuously throughout the year in rainwater networks laid below the ground water level. Depending on the service life, the specific conditions for laying networks, the material of pipelines, climatic and geological features of the area, the amount of infiltration

runoff varies. The ability to accurately account for the volume of infiltration water will solve many problems at the design and operation stage.

Keywords: drainage networks, Sewerage, infiltration runoff, infiltration, ground water, infiltration.

На современном этапе развития жилищно-коммунального хозяйства важнейшим аспектом является комфорт и доступность коммунальных благ для населения. Техническое состояние систем водоотведения есть актуальный вопрос жилищной политики. Для улучшения системы водоотведения в Российской Федерации разрабатываются различные программы, нацеленные на развитие и модернизацию водоотведения. Однако, полноценное внедрение подобных программ невозможно без полноценного анализа проблем и причин их возникновения.

Одной из основных причин разрушения материалов сети и сооружений на ней принято считать биологическое воздействие агрессивных сред. Более 60 % подземных коллекторов канализационных сетей в России представлены железобетонными конструкциями. Железобетон получил широкое распространение за счет своих конструктивных преимуществ – арматура принимает растягивающие, а бетон – сжимающие напряжения. Проблема разрушения железобетонных конструкций канализационных коллекторов является одной из наиболее сложных [1]. Достаточно широко известно, что причиной разрушения является воздействие серной кислоты, вырабатываемой тионовыми бактериями в процессе их жизнедеятельности.

Агрессивные жидкости комплексно воздействуют на материал, влияя на поверхность и проникая в пористую структуру бетона. Глубина проникновения агрессивных жидкостей в бетон как правило варьируется от 1,5 до 20 мм. Коррозия бетона имеет место только в безнапорных коллекторах, в выступающей из воды части трубопровода или тоннеля. Максимальная интенсивность коррозионных процессов наблюдается в зоне, прилегающей к оси свода. Это оказывает дополнительное влияние, стимулирующее процесс инфильтрации грунтовых вод в коллектор.

Источником агрессивного воздействия на трубопроводы могут служить: грунтовый массив; грунтовые воды; тоннельная среда. Разрушая конструкции, агрессивная среда способствует поступлению различных вредных веществ в окружающую среду [2].

Для анализа динамики разрушения сети от воздействия дестабилизирующих ее работу внешних факторов выявлялись зависимости проявления отдельных дефектов от глубины залегания трубопроводов. В частности, рассмотрению подлежали следующие случаи: места расположения участков, нарушения герметичности труб, нарушения в стыках труб, деформации тела труб, наличие препятствий течению жидкости в трубе.

При проведении теледиагностики дренажных сетей, прежде всего, проверяется целостность труб и стыков, сдвиги между ними, наличие трещин, целостность верхнего свода, степень прорастания корней деревьев и кустарников в розетках или трещинах. Это необходимо для своевременного устранения дефектов, которые могут привести не только к загрязнению подземного пространства и окружающей среды сточными водами, но и к проседанию грунта, в том числе к образованию аварийных зон, где одна часть существующих трубопроводов будет работать на растяжение, а другая – на сжатие. Это в конечном итоге приведет к серьезному повреждению всего маршрута (к образованию участков с выходом концов труб из гнезд или к деформации – сжатию труб). Высота и характер слоев на стенках трубопровода в виде осадка (песок, нерастворенные органические загрязнители и др.), а также степень разрушения свода трубы газами, также проверяются на существующих канализационных сетях.

Влияние различных факторов на долговечность канализационных сетей [3] отображено в табл. 1.

К основным проблемам систем водоотведения можно отнести: значительный амортизационный износ сетей (более 65 %), аварийность, отсутствие своевременного обслуживания, превышение расчетных расходов. На сегодняшний день наиболее распространенной проблемой считается значительный износ сетей. В процессе эксплуатации возникает ряд деформаций, влияющих на функци-

онирование системы водоотведения. К основным причинам деформаций трубопроводов относят: ошибки проектирования, несоблюдение строительных норм, нарушение правил эксплуатации.

Таблица 1

**Влияние различных факторов на долговечность
канализационных сетей**

| № | Наименование фактора | Уровень значимости % |
|---|---------------------------------------|----------------------|
| 1 | Материал трубопроводов сети | 18,2 |
| 2 | Показатели качества стоков | 17,6 |
| 3 | Скорость движения стоков | 14,8 |
| 4 | Гидрогеологические условия | 14,6 |
| 5 | Система проветривания | 11,2 |
| 6 | Конструктив и качество заделки стыков | 10,0 |
| 7 | Тип системы канализации | 7,0 |
| 8 | Глубина заложения | 6,6 |

В процессе эксплуатации сетей водоотведения наблюдается явление инфильтрации грунтовых вод в канализационную сеть. Данный процесс оказывает неблагоприятное влияние на функционирование системы водоотведения, поскольку увеличивается нагрузка на канализационные сооружения и, как следствие, снижается их срок службы. Инфильтрация – неизбежное явление, поэтому еще на этапе проектирования необходимо закладывать данную нагрузку. Вся сложность заключается в том, что на данный момент нет качественного подхода к оценке инфильтрационного стока. В зависимости от срока эксплуатации, конкретных условий прокладки сетей, материала трубопроводов, климатических и геологических особенностей местности величина инфильтрационного стока различна. Разнообразие факторов осложняет корректность оценки объемов инфильтрата.

Приток инфильтрации в канализационных системах могут вызвать множество проблем, в том числе:

- увеличение эксплуатационных и капитальных затрат в канализационной сети и на очистных сооружениях;
- уменьшенная емкость сточной трубы и обработки вода к увеличенной деятельности совмещенного сточных вод, подтопления и загрязнения;
- сокращение канализационных и очистных мощностей, ограничивающих будущее развитие;
- снижение уровня грунтовых вод, приводящее к пагубному воздействию на местные водные ресурсы;
- выпадение грунта в канализацию, вызывающее эксплуатационные проблемы и структурные повреждения.

Сегодня для оценки количества инфильтрата в нашей стране применяют методики расчета поверхностных стоков, который учитывает дождевые, талые, инфильтрационные и поливомоечные расходы. Данный метод не учитывает особенностей прокладок сетей [4].

Для решения сложившейся проблемы необходим новый подход к оценке поступления инфильтрационного стока.

В процессе изучения проблемы инфильтрационных процессов и их анализа была проведена аналогия с дренажными системами. В основу расчета дренажей закладывается теория фильтрации. При этом учитывается интенсивность просачивания осадков в зависимости от характеристик рассматриваемого грунта, степени благоустройства, географического положения территории.

Для расчета была принята модель инфильтрации грунтовых вод в канализационную сеть, проложенной на глубине 3 м. Коэффициент фильтрации K при отсутствии экспериментальных данных берется на основе эталонных материалов и с учетом местного строительного опыта. Последнее особенно важно, поскольку справочные источники не всегда дают одинаковые диапазоны значений коэффициентов фильтрации одного и того же грунта. Это связа-

но с особенностями изучаемых пород [5]. Принятый коэффициент фильтрации равен 0,8–0,2 м/сут. Уровень грунтовых вод принимается 1,5 м. Длина рассматриваемого участка 300 м.

Интенсивность просачивания осадков определяется с учетом характера грунта, количества осадков и степени благоустройства строительной площадки. Приблизительные значения интенсивности просачивания для территории г. Санкт-Петербурга, согласно [6], следует принимать для районов новой застройки 0,00129 м/сут, старой – 0,00246 м/сут.

Для совершенных дренажей, удельный расход определяют по формуле (1) для двухстороннего притока подземных вод и по формуле (2) – для одностороннего притока:

$$Q_0 = \frac{KH^2}{R}, \quad (1)$$

$$Q_0 = \frac{KH^2}{2R}, \quad (2)$$

где R – радиус депрессии дренажа, м, который рассчитывают по формуле (3) или определяют по рисунку 10:

$$R = h\sqrt{\frac{K}{2W}} = 3\sqrt{\frac{0,5}{2 \cdot 0,0015}} = 38,73. \quad (3)$$

Расход дренажных вод для дренажной линии общей длиной L определяют по формуле 4:

$$Q = Q_0L. \quad (4)$$

Ниже представлены результаты расчета дренажных вод для трубопроводов, находящихся в различных условиях.

Таблица 2

Результаты расчета расхода дренажных вод

| Условия залегания | Высота УГВ Н, м. | Коэффициент фильтрации К | Интенсивность просачивания атмосферных осадков И | Радиус депрессии R | Удельный расход Q_0 | Расчетный объем И м ³ /сут. |
|------------------------|------------------|--------------------------|--|--------------------|-----------------------|--|
| Суглинки | 1,5 | 0,5 | 0,0015 | 38,730 | 0,029 | 8,714 |
| | 3 | 0,5 | 0,0015 | 38,730 | 0,116 | 34,857 |
| | 3,5 | 0,5 | 0,0015 | 38,730 | 0,158 | 47,444 |
| Песок средне-зернистый | 1,5 | 10 | 0,0015 | 173,205 | 0,130 | 38,971 |
| | 3 | 10 | 0,0015 | 173,205 | 0,520 | 155,885 |
| | 3,5 | 10 | 0,0015 | 173,205 | 0,707 | 212,176 |
| Супесь | 1,5 | 1,4 | 0,0015 | 64,807 | 0,049 | 14,582 |
| | 3 | 1,4 | 0,0015 | 64,807 | 0,194 | 58,327 |
| | 3,5 | 1,4 | 0,0015 | 64,807 | 0,265 | 79,389 |
| Глина | 1,5 | 0,005 | 0,0015 | 3,873 | 0,003 | 0,871 |
| | 3 | 0,005 | 0,0015 | 3,873 | 0,012 | 3,486 |
| | 3,5 | 0,005 | 0,0015 | 3,873 | 0,016 | 4,744 |
| Торф | 1,5 | 0,75 | 0,0015 | 47,434 | 0,036 | 10,673 |
| | 3 | 0,75 | 0,0015 | 47,434 | 0,142 | 42,691 |
| | 3,5 | 0,75 | 0,0015 | 47,434 | 0,194 | 58,107 |

Полученные данные демонстрируют важность учета объема поступающих инфильтрационных вод, что позволит принимать более обоснованные решения как на этапе проектирования, так и при эксплуатации водоотводящих систем. Исследования в данной области будут продолжены, планируется провести исследование зависимости инфильтрационных процессов в канализационных трубопроводах в случае близкого расположения с другими инженерными сетями.

Литература

1. Орлов В. А. Ситемный анализ состояния и тактики реновации водопроводных и водоотводящих сетей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Москва. – 2009. – 35 с.
2. Калицин В. И. / Водоотводящие системы и сооружения. // М.: Стройиздат, 2000.
3. Абрамович И. А. Новая стратегия проектирования и реконструкции транспортирования сточных вод. – Харьков: Основа, 1996.
4. Приказ Минстроя РФ от 17.10.2014 №639 «Об утверждении методических указаний по расчету объема принятых поверхностных сточных вод.
5. Клиорина Г. И. Дренаж территории застройки: Учеб, пособие для студентов строительных специальностей и проектировщиков. – Изд-во СПб ГАСУ, 2006. – 207 с.
6. Методика расчета объемов организованного и неорганизованного дождевого, талого и дренажного стока в системы коммунальной канализации. – СПб.: Экология и право, 2000. – 52 с.

СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

УДК 332.642

Татьяна Игоревна Балтыжакова,

канд. техн. наук, ассистент

Иван Игоревич Рагузин, студент

(Санкт-Петербургский

горный университет)

E-mail: tatiyana.baltyzhakova

@gmail.com,

Raguzin.iv@yandex.ru

Tatiana Igorevna Baltyzhakova,

PhD of Sci. Tech., Assistant Professor

Ivan Igorevich Raguzin, masters student

(Saint Petersburg

Mining University)

E-mail: tatiyana.baltyzhakova

@gmail.com,

Raguzin.iv@yandex.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ПУТЕМ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ МАЛОПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

IMPROVEMENT OF THE CADASTRAL VALUE CALCULATION MODEL BY TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF LOW-ATTRACTIVE OBJECTS

В статье исследуется влияние малопривлекательных объектов, таких как свалки, промышленные объекты, военные объекты, на величину кадастровой стоимости. В рамках исследования была собрана информация о малопривлекательных объектах на территории Санкт-Петербурга. Все малопривлекательные объекты были классифицированы и для каждого типа установлен радиус их влияния на стоимость недвижимости. Фактор влияния малопривлекательных объектов был добавлен в модель оценки кадастровой стоимости для сегмента «Садоводство и огородничество, малоэтажная жилая застройка», что позволило улучшить результаты оценки.

Ключевые слова: государственная кадастровая оценка, кадастровая стоимость, массовая оценка, малопривлекательные объекты.

In the article the influence of unattractive objects such as landfills, industrial objects, military objects on the cadastral value is investigated. The research has col-

lected information about low-attractive objects on the territory of Saint Petersburg. All low-attractive objects were classified and the radius of their effect on real estate value was determined for each type. The influence factor of unattractive objects was added to the cadastral valuation model for the segment «Gardening and horticulture, small-storey residential housing development», which allowed to improve valuation results.

Keywords: state cadastre valuation, cadastre value, mass valuation, low-attractive objects.

Одним из ключевых вопросов в экономической политике государства является управление объектами недвижимости, в том числе и земельными ресурсами. Базисом для расчета экономической составляющей управления земельным фондом, куда входит: определение ставки налога на землю; расчет объема компенсационных выплат при изъятии земель для муниципальных нужд; расчет арендной платы за землю и пр. является кадастровая стоимость. Кадастровая стоимость определяется в процессе государственной кадастровой оценки [1].

Так как государственная кадастровая оценка проводится одновременно для целого ряда объектов, чаще всего применяют методы массовой оценки. Однако, в настоящее время возникают существенные сложности в определении такой величины кадастровой стоимости объектов недвижимости, которая сопоставима с рыночной, что влечет за собой большое количество оспариваний. Так только за 2018 год в отношении земельных участков было рассмотрено 50086 заявлений об оспаривании [2].

Целью работы является улучшение результатов кадастровой оценки с помощью учета влияния малопривлекательных объектов на стоимость земельных участков.

В качестве исходных данных были использованы рыночные данные о земельных участках в г. Санкт-Петербург, входящие в сегмент «Садоводство и огородничество, малоэтажная жилая застройка». В качестве основной рабочей гипотезы рассматривается следующее: близость к малопривлекательному объекту уменьшает величину кадастровой стоимости земельного участка, приближая ее к рыночной.

В первую очередь необходимо рассмотреть, что же является малопривлекательным объектом, влияющим на стоимость недвижимости. Малопривлекательный объект – это здания, сооружения, участки местности, внешний вид или размещаемая в них инфраструктура характеризуется эстетической непривлекательностью; экологической опасностью; шумовым воздействием и интенсивностью неприятных запахов.

На первом этапе работы с помощью материалов из открытых источников, а также с использованием сведений, предоставленных из органов государственной власти, была сформирована база данных малопривлекательных объектов, и экспертным методом на основе нормативных документов был определен ранг и радиус влияния таких объектов. Классификация малопривлекательных объектов и величина радиуса влияния приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика малопривлекательных объектов

| Тип малопривлекательного объекта | Ранг | Радиус влияния, м |
|---|------|-------------------|
| Промышленность 1–3 класса | V | 1500 |
| Свалки | VI | 1000 |
| Военные объекты (военные части, полигоны, за исключением специальных учебных заведений) | III | 500 |
| Промышленность 4–5 класса | II | 500 |
| Медицинские учреждения (инфекционные стационары) | I | 250 |

Для малопривлекательных объектов в геоинформационной системе MapInfo был сформирован отдельный слой, где были нанесены сами объекты, а также их радиусы влияния (в виде буферных зон). Фрагмент карты приведен на рисунке.



Фрагмент карты с малопривлекательными объектами

В качестве рабочей выборки были использованы собранные в специализированных интернет-источниках рыночные данные о 292 земельных участках. Состав этой информации включает в себя положение объекта, площадь объекта и цена продажи. К значениям предложения введены корректировки на торг, на дату предложения и на торг. Каждому земельному участку присвоен уникальный ключ – кадастровый номер, который определен по адресу и по фотографиям в объявлениях, показывающих пространственное положение. Также к характеристикам всех рассматриваемых земельных участков были добавлены значения ценообразующих факторов из фонда данных кадастровой оценки.

Согласно методическим указаниям о государственной кадастровой оценке расчет кадастровой стоимости земельных участков сегмента «Садоводство и огородничество, малоэтажная жилая застройка» следует осуществлять с использованием сравнительного подхода [3].

В рамках сравнительного подхода при массовой оценке недвижимости, как правило, используется регрессионный анализ, суть которого в поиске математической модели зависимости стоимости от ценообразующих факторов.

В существующей модели расчета кадастровой стоимости для сегмента «Садоводство и огородничество, малоэтажная жилая застройка» главными ценообразующими факторами являются [4]:

- уровень обеспеченности объекта инженерной инфраструктурой (водоснабжение, канализация, тепло, газ, электричество);
- уровень загрязнения почв на земельном участке;
- близость к водным объектам ;
- озеленённость района расположения объекта оценки;
- плотность населения в зоне локального окружения объекта;
- наличие на территории земельного участка обременений (ограничений), связанных с зонами прохода инженерных коммуникаций;
- ценовая зона;
- влияние локальных центров.

К перечисленным факторам был добавлен дополнительный – влияние малопривлекательных объектов.

Для рассматриваемой выборки земельных участков было построено несколько математических моделей с присущими реальному рынку зависимостями. Обобщенные показатели качества модели приведены в таблице 2.

Из полученных результатов видно, что экспоненциальная регрессия с учетом малопривлекательных объектов лучше остальных практически по всем показателям, так как именно эта модель объясняет больший процент вариации с наименьшей ошибкой аппроксимации. Следует отметить, что после включения в модель расчета фактора малопривлекательных объектов без учёта влияния фактора малопривлекательных объектов удельный показатель кадастровой стоимости в среднем был снижен 5,1%. Таким образом, включение фактора малопривлекательных объектов в модель расчета позволяет лучше отобразить реальную рыночную ситуацию и избежать завышения стоимости земельных участков, что уменьшит количество потенциальных оспариваний величины кадастровой стоимости.

Параметры моделей расчета кадастровой стоимости

| Параметр | Модели без учета влияния малопривлекательных объектов | | Модели с учетом влияния малопривлекательных объектов | |
|----------------------------------|---|----------------------------|--|----------------------------|
| | Линейная регрессия | Экспоненциальная регрессия | Линейная регрессия | Экспоненциальная регрессия |
| Скорректированный R ² | 0,6091 | 0,6721 | 0,6206 | 0,6957 |
| Коэффициент вариации | 44,8 % | 42,2 % | 44,2 % | 53,1 % |
| Средняя ошибка аппроксимации | 36,8 % | 27,3 % | 34,3 % | 19,5 % |

Полученная модель обладает рядом преимуществ, однако нельзя не отметить сложности её внедрения, так как в настоящее время отсутствуют полные сведения о некоторых видах малопривлекательных объектов. Например, большинство свалок являются несанкционированными, что усложняет сбор данных.

Литература

1. Федеральный закон от 03.07.2016 г. № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке».
2. Информация о деятельности комиссий по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости за 2018 год // Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/rassmotrenie-sporov-o-rezultatakh-opredeleniya-kadaastrovoy-stoimosti/-informatsiya-o-deyatelnosti-komissiy-po-rassmotreniyu-sporov-o-rezultatakh-opredeleniya-kadaastrovoy/-informatsiya-o-deyatelnosti-komissiy-po-rassmotreniyu-sporov-o-rezultatakh-opredeleniya2018/>
3. Приказ Министерства экономического развития РФ от 12.05.2017 г. № 226 «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке».

4. Отчет об определении кадастровой стоимости объектов недвижимости на территории Санкт-Петербурга, Том 2 – Определение кадастровой стоимости земельных участков (по состоянию на 01.01.2018 г.) № 1/2018. URL: https://rosreestr.ru/wps/portal/cc_ib_svedFDGKO?archive_id=23341 (дата обращения: 01.06.2019).

УДК 332.62

Елизавета Максимовна Бамбурова,
студент
(Санкт-Петербургский
горный университет)
E-mail: bamburovaliz@gmail.com

Elizaveta Maksimovna Bamburova,
student
(Saint Petersburg
Mining University)
E-mail: bamburovaliz@gmail.com

**АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ОСОБЫХ УСЛОВИЙ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЦЕНОВОЙ ПОЛИТИКИ
ЗЕМЕЛЬ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ
ДЛЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

**ANALYSIS OF THE SIGNIFICANCE
OF SPECIAL CONDITIONS FOR THE USE
OF TERRITORIES WHEN FORMING
THE PRICE POLICY OF LANDS INTENDED
FOR ENTREPRENEURSHIP
IN ST. PETERSBURG**

В работе рассмотрены актуальные вопросы кадастровой оценки земель предпринимательства (ВРИ 4) в аспекте учета обременений в использовании территории. Целью исследования является обоснование влияния зон с особыми условиями использования территории (ЗОУИТ) на рыночные цены земельных участков. Для реализации поставленной цели был использован метод корреляционного анализа, посредством которого вычислены коэффициенты частной корреляции между значениями рыночной цены и ценообразующими факторами. Рассчитанные коэффициенты значимости факторов позволили определить целесообразность введения рассматриваемого фактора в модель расчета стоимости земельных участков, в связи с чем получение коэффициента дифференциации (учета ЗОУИТ) рыночной стоимости земель рассмотренного вида разрешенного использования (ВРИ) является перспективным.

Ключевые слова: оценка земель, налоги, оспаривание кадастровой стоимости, учет зон с особыми условиями использования территории, предпринимательство.

The work considers current issues of cadastral valuation of land of entrepreneurship (types of permitted use 4) in the aspect of accounting burdens in the use of the territory. The aim of the study is to justify the influence of areas with special use conditions on the market prices of land. In order to achieve the aims, we have used the method of correlation analysis, which has calculated the coefficients of partial correlation between the values of the market price and pricing factors. The calculated coefficients of the significance of the factors made it possible to determine the appropriateness of introducing the considered factor into the model for calculating the value of land plots. Consequently, obtaining a coefficient of differentiation (areas with special use conditions account) of the market value of the land of the considered types of permitted use is promising.

Keywords: land valuation, property tax, avoidance of land value, account zones with special conditions of land use, entrepreneurship.

Институт оценки недвижимости выполняет особую роль в рыночных отношениях, поскольку является регулятором не только рыночных процессов, но и налоговых.

В России в понятие «кадастровая стоимость» вложена концепция рыночной стоимости, определяемой с использованием методов массовой оценки [1]. В настоящее время Россия пришла к системе, в которой кадастровая стоимость, как результат кадастровой оценки является ориентиром для осуществления сделок купли-продажи. Основной же целью кадастровой оценки является расчет на ее основе имущественного и земельного налога, который регламентируется п.1 ст.402 Налогового Кодекса РФ [2].

Вопрос налогообложения особо актуален для общественно-деловой зоны, одной из основных в составе земель населенного пункта. Общественно деловые зоны создаются для целей совмещения видов пользования, связанных с градостроительной организацией административной, офисной, сервисной, торговой, культурно-образовательной и развлекательной функций [3]. Эти функции в основном тяготеют к их размещению в центральной части городов и некоторых других территориях, отличающихся достаточной транспортной и инфраструктурной обеспеченностью. Для объектов, расположенных в этих зонах устанавливаются особенности определения налоговой ставки. Этот вопрос важен для земель с ВРИ

«Предпринимательство», так как бремя налогообложения с повышенной налоговой ставкой ложится на плечи владельцев участков.

Согласно Закону Санкт-Петербурга «О земельном налоге в Санкт-Петербурге» (с изменениями на 29 ноября 2019 года) налоговая ставка в отношении земельных участков для предпринимательской деятельности, относящихся к прочим землям, устанавливается в 1,5 процента от кадастровой стоимости земельного участка, в то время как для остальных объектов налоговая ставка не превышает 0,5 процента [4].

Иногда высчитанная сумма налога слишком высока. Связано это может быть с неточной оценкой кадастровой стоимости, расчет и установление которой выполняют государственные структуры. В Санкт-Петербурге этим занимается СПб ГБУ «Кадастровая оценка». Завышенной стоимостью может оказаться по следующим причинам:

- В расчетах была использована информация из открытых источников. Она могла значительно повлиять на результат определения стоимости.
- Земельный участок мог быть ошибочно отнесен к другому виду разрешенного использования.
- При расчете не учитывались факторы, которые влияют на стоимость объекта недвижимости.

В России расчет кадастровой стоимости не предусматривает индивидуального подхода к каждому объекту, и обычно кадастровая оценка проводится массовыми методами оценки. Все это служит веским основанием для оспаривания кадастровой стоимости недвижимости, которое производится двумя способами: обращением в суд или обращением в комиссию по рассмотрению споров о результатах государственной кадастровой оценки. Оспаривание кадастровой стоимости земельного участка осуществляется в порядке, который определен ст. 24.18 Федерального закона от 29.07.1998 № 135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» [5].

Анализируя результаты оспаривания кадастровой стоимости земельных участков на территории Санкт-Петербурга за период

с 24.10.2013 до 01.02.2019, стоит отметить, что в Комиссию поступило 1608 заявлений о пересмотре результатов определения кадастровой стоимости в отношении 218 земельных участков.

Решение об установлении кадастровой стоимости земельных участков в размере его рыночной стоимости принято в отношении 90 объектов, об отклонении заявления о пересмотре кадастровой стоимости – в отношении 197 заявления.

Из общего количества заявлений 15 были поданы по основанию недостоверности сведений о земельном участке, использованных при определении его кадастровой стоимости, в связи с отсутствием учёта при проведении кадастровой оценки сведений об ограничениях использования (обременениях) в виде охранных зон. Но Комиссия по оспариванию решила, что данные заявления подлежат отклонению ввиду того, что данные сведения об ограничениях (обременениях) не попадают под определение «недостоверные», так как не передавались для целей оценки из государственного кадастра недвижимости и не учитывались при применении массовой оценки. Все 15 заявлений единогласно были отклонены Комиссией [6].

Тем не менее, п. 1.11 Методических указаний гласит, что определение кадастровой стоимости осуществляется без учета обременения (ограничений) объекта недвижимости, за исключением ограничений прав на землю, возникающих в соответствии с законодательством (в связи с установлением зон с особыми условиями использования территории, иными ограничениями, установленными действующим законодательством Российской Федерации) [7]. Учет ограничений прав на землю чаще всего связан с функционированием на участках охранных зон, представляющих собой территории, в пределах которых правомочие собственника ограничено, что выражается в запрете некоторых видов использования участков [8]. Наиболее распространенным запретом является запрет на строительство объектов капитального строительства в пределах таких территорий. Таким образом целесообразность учета обременений земельных участков, стесняющих собствен-

ника в осуществлении его законных прав и тем самым компенсирующей отсутствие возможности полноценного использования принадлежащих ему земельных ресурсов по сравнению с ресурсами, свободными от обременений, является вполне очевидной.

На сегодняшний момент оценка стоимостного эквивалента обременений, связанных с наличием ЗОУИТ, мало изучена в теории и практике оценочной деятельности, но исследования этих вопросов, активно ведутся, так как существует заинтересованность в вопросах объективной и справедливой оценки.

К теме влияние ЗОУИТ на рыночную стоимость земель обращались В. Ю. Сутягин [8], К. В. Кретинин [9], Д. В. Антропов [10], А. А. Варламов [11] и многие другие. Важно отметить работы Е. Н. Быковой [12, 13], которая достаточно подробно останавливается на разработке методов оценки обремененных земель в разных условиях развитости земельного рынка. Также следует выделить совместную работу Е. Н. Быковой и К. Э. Сеньковской [14], в которой обосновано влияние наличия ЗОУИТ для садовых и огородных земель.

Цель данного исследования – обоснование влияния ЗОУИТ на рыночные цены земельных участков с ВРИ «Предпринимательство». В границах указанных земельных участков на территории Санкт-Петербурга расположены объекты различного назначения - объекты капитального строительства в целях извлечения прибыли на основании торговой, банковской и иной предпринимательской деятельности. Материалы о рыночной цене земельных участков, рассматриваемого ВРИ, были получены из Отчета об определении кадастровой стоимости объектов недвижимости на территории г. Санкт Петербурга 2018 года [6].

Для доказательства значимости влияния ЗОУИТ на рыночные цены применен метод корреляционного анализа. На основе данных о рыночной цене вычислены коэффициенты частной корреляции между значениями рыночной цены и ценообразующими факторами. Далее рассчитаны коэффициенты значимости фактора R , величина которых в дальнейшем определяет целесообразность

введения факторов в модель расчета стоимости. Полученные данные сведены в таблицу.

Коэффициенты значимости ценообразующих факторов

| R | r | |
|--------|--------|--------------|
| 0,595 | 0,384 | PL_ZU_P |
| -0,398 | -0,257 | ING_ALL_P |
| -0,582 | -0,376 | ING_KV |
| -0,406 | -0,262 | TRANSP_PAS |
| -0,730 | -0,472 | TRANSP_AVT_P |
| -0,831 | -0,537 | POCHV_P |
| 1 | 0,646 | CENTRE_P |
| 0,605 | 0,391 | LOC_CENTRE_P |
| -0,745 | -0,481 | OBJ_SOC_P |
| -0,525 | -0,339 | OBJ_TORG_P |
| -0,224 | -0,145 | OBJ_BED_P |
| -0,669 | -0,432 | OBJ_PRIVL_ |
| -0,391 | -0,252 | PARKING_P |
| -0,077 | -0,050 | VODN_OB_ |
| -0,043 | -0,028 | OZEL_P |
| -0,308 | -0,199 | OBREM |
| -0,349 | -0,225 | ZONA |

Примечания: PL_ZU_P – площадь; ING_ALL_P – уровень обеспеченности земельного участка инженерной инфраструктурой; ING_KV – уровень обеспеченности инженерной инфраструктурой территории квартала, в котором расположен объект; TRANSP_PAS – удобство подъезда к земельному участку на общественном транспорте; TRANSP_AVT_P – удобство подъезда к земельному участку на автомобильном транспорте; POCHV_P – уровень загрязнения почв на земельном участке; CENTRE_P – влияние центра города; LOC_CENTRE_P – влияние локальных центров (станций метро, станций ж/д и т. п.); OBJ_SOC_P – характеристика оснащённости района окружения земельного участка объектами социальной инфраструктуры; OBJ_TORG_P – характеристика оснащённости района окружения земельного участка объектами торгового-бытового обслуживания; OBJ_BED_P – наличие в локальном окружении участка малопривлекательных объектов; OBJ_PRIVL_ – архитектурно-градостроительная и историко-культурная привлекательность района; PARKING_P – оценка удобства парковки автомобильного транспорта; VODN_OB_ – близость к водным объектам; OZEL_P – озеленённость района расположения Объекта оценки, наличие в окружении зон рекреации; OBREM – наличие ЗОУИТ на земельном участке; ZONA – оценочная зона.

Для оценки силы связи в экономико-математическом моделировании обычно применяется шкала Чеддока. Если фактор имеет коэффициент значимости меньше 0,3, то его связь с рыночной ценой определяется как слабая и, следовательно, данный фактор исключается из модели. На основании таблицы 1 и согласно шкале Чеддока, можно сделать вывод, что из 17 рассмотренных факторов значимыми являются 14, в том числе обременения, связанные с наличием ЗОУИТ.

В результате проведенного анализа следует заключить:

Во-первых, необходимость учета ЗОУИТ при определении стоимости земельных участков является актуальным вопросом, который активно обсуждается российскими исследователями;

Во-вторых, удалось доказать, что ЗОУИТ оказывают влияние на ценовую политику земель ВРИ «Предпринимательство» в Санкт-Петербурге;

В-третьих, включение фактора ЗОУИТ в модель расчета рыночной или кадастровой стоимости земельных участков ВРИ «Предпринимательство» повлечет сокращение процессов оспаривания в связи с отсутствием учёта при проведении кадастровой оценки сведений об ограничениях использования (обременениях) в виде охранных зон.

Литература

1. Быкова Е. Н. Классификация населенных пунктов по уровню развитости рынка земельных участков / Е. Н. Быкова, Т. И. Балтыжакова, Я. А. Волкова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск, 2018. – Т.329. №7. – С.17–30.
2. Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая. от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 27.12.2019, с изм. от 28.01.2020) // Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения 26.02.2020).
3. Градостроительный Кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 27.12.2019) // Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения 02.03.2020).
4. Закон Санкт-Петербурга «О земельном налоге в Санкт-Петербурге» от 23.11.2012 № 617-105 (ред. от 29.11.2019, с изм. от 20.02.2020) // Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения 26.02.2020).

5. Федеральный закон «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29.07.1998 № 135-ФЗ: // Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения 22.02.2020).
6. Отчет № 1/2018 «Об определении кадастровой стоимости объектов недвижимости на территории г. Санкт Петербурга», составлен 22.10.2018. URL: https://rosreestr.ru/wps/portal/cc_ib_svedFDGKO?archive_id=23341 (Дата обращения 20.02.2020).
7. Приказ Минэкономразвития России «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке» от 12.05.2017 № 226 (ред. от 09.09.2019) // Консультант Плюс. URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения 01.03.2020).
8. *Сутягин В. Ю.* Учет влияния охранных зон на стоимость земельного участка / В. Ю. Сутягин // Имущественные отношения в РФ. – М., 2017 – №12. – С. 82–96.
9. *Кретицин К. В.* Экономическая оценка земель сельскохозяйственного назначения с особым правовым режимом использования: Автореферат. Дисс. ...канд. эк. наук. – Воронеж, 2003 г. – 142 с.
10. *Антропов Д. В.* Учет влияния зон с особыми условиями использования территорий при формировании эффективной системы сельскохозяйственного землепользования / Д. В. Антропов, Р. В. Жданова, О. В. Гвоздева // МСХЖ. – М., 2016 г. – №4. – С.15–17.
11. *Варламов А. А.* Теоретические основы ведения земельного кадастра для зон с особым режимом использования земель / А. А. Варламов, С. А. Гальченко // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – М.: Издательский дом «Панорама». – 2006 г. – № 4. – С. 56Б62.
12. *Быкова Е. Н.* Оценка земель с обременениями в использовании. Теория и методика: Монография. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – С. 195–196.
13. *Вукова Е.* Differentiation of the cadastral value of agricultural lands in Russia / Е. Вукова, J. Sishuk // ZFV – Zeitschrift fur Geodasie, Geoinformation und Landmanagement. – 2015. – 140 (2). – С. 105–111.
14. *Сеньковская К.Э.* Обоснование влияния зон ограниченного режима на использование земельных участков садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений в соответствии с их целевым назначением / К. Э. Сеньковская, Е. Н. Быкова // Науки о Земле. – М.: ГеоДозор, 2015. – № 4. – С. 62–65.

УДК 347.2

*Варвара Игоревна Бирковская, студент
Дарья Игоревна Воробьева, студент
Даниил Николаевич Чертков, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: zigzagbirk@gmail.com
divorobieva@mail.ru
daniilaz13@gmail.com*

*Varvara Igorevna Birkovskaya, student
Darya Igorevna Vorobyova, student
Daniil Nikolaevich Chertkov, student
(Saint Peterburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: zigzagbirk@gmail.com
divorobieva@mail.ru
daniilaz13@gmail.com*

**ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМ ГОСУДАРСТВЕННОГО
КАДАСТРОВОГО УЧЕТА ОБЪЕКТОВ
КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА,
НАХОДЯЩИХСЯ В СОБСТВЕННОСТИ
ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ**

**IDENTIFICATION OF PROBLEMS
OF CADASTRAL REGISTRATION
OF CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS
OWNED BY INDIVIDUALS**

Статья посвящена изучению проблем в области постановки на государственный кадастровый учет объектов капитального строительства, находящихся в собственности физических лиц. Ее основной целью является выявление предпосылок к формированию факторов, затрудняющих успешное развитие кадастровой системы Российской Федерации. По мнению авторов, сегодня основной проблемой в области кадастровой и землеустроительной деятельности на государственном уровне является отсутствие установленных законодательством норм, побуждающих граждан регистрировать свое недвижимое имущество. Собственникам в большинстве случаев экономически выгоднее не регистрировать недвижимость, избегая при этом налогового бремени и затрат на составление документов, необходимых для учета и регистрации их объектов. Однако такая позиция граждан существенно сказывается на экономической ситуации в нашей стране. На основе анализа существующего законодательства в кадастровой сфере авторами предложен комплекс решений, которые могли бы послужить стимулами для граждан в вопросах учета и регистрации их объектов недвижимости.

Ключевые слова: государственный кадастровый учет и регистрация прав, объект недвижимости, объект капитального строительства, Единый государственный реестр недвижимости, актуализация данных ЕГРН, ускорение процесса регистрации, рационализация современного ЕГРН.

The article is devoted to the study of problems in the field of state cadastral registration of capital construction objects owned by individuals. Main purpose of this paper is to identify the prerequisites for the formation of factors that hinder the successful development of the cadastral system of the Russian Federation. Authors think that today the main problem in the field of cadastral and land management activities is the lack of legal norms that encourage citizens to register their real estate. In most cases, it is more cost-effective for owners not to register real estate, while avoiding taxes and the cost of preparing documents necessary for accounting and registration of their objects. However, this position of the citizens has a significant impact on the economic situation in our country. Based on the analysis of existing legislation in the cadastral sphere, the authors proposed a set of solutions that could serve as incentives for citizens to register and register their real estate objects.

Keywords: state cadastral registration and registration of rights, real estate object, capital construction object, Unified state register of real estate, updating of the USRN data, acceleration of the registration process, rationalization of the modern USRN.

С каждым годом кадастровая система Российской Федерации претерпевает все более серьезные изменения. Действующий нормативно-правовой акт, Федеральный закон от 24 июля 2007 года № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости», пришел на смену закону от 2 января 2000 года № 28-ФЗ «О государственном земельном кадастре». Смена основополагающего закона кадастровой деятельности не послужила поводом для резких изменений в системе кадастра нашей страны, что, несомненно, свидетельствует о ее стабильности и логичности развития [3].

Развитие кадастровой системы Российской Федерации происходило и происходит, исходя из определенных целей, таких, как обеспечение населения набором определенных данных, а также выполнение заложенных государством функций, а именно [4]:

1) предоставление актуальных данных о кадастровой стоимости для своевременного и правильного налогообчисления;

2) обеспечение муниципальных и государственных органов материалами для межведомственного взаимодействия;

3) предоставление полной, открытой и достоверной информации о рынке объектов недвижимости;

4) удостоверение и закрепление имущественных прав граждан.

Но, к сожалению, система кадастра нашей страны не в полной мере справлялась с возложенными на нее функциями. Этот факт отражался в многочисленных кадастровых ошибках, содержащихся в сведениях Единого государственного реестра недвижимости (далее – ЕГРН), задержке сроков учета и регистрации объектов недвижимости, а также в других многочисленных вопросах и проблемах, которые ежегодно выявлялись специалистами.

Новым этапом в совершенствовании процедуры государственного кадастрового учета объектов недвижимости стало принятие в 2015 году ФЗ-218 «О государственной регистрации недвижимости». Указанный закон значительно ускорил процесс проведения государственного кадастрового учета и регистрации прав, однако не решил главной проблемы. В данном законе не содержится сведений, побуждающих население нашей страны регистрировать свое недвижимое имущество. При такой несомненной важности и актуальности обозначенной проблемы данный вопрос научно не исследован, поэтому необходимым является изучение предпосылок нежелания граждан проводить учетно-регистрационные действия с личными объектами капитального строительства [7].

В Российской Федерации существует два крупных блока объектов недвижимости, а именно ранее учтенные объекты и учтенные объекты недвижимости. Такое положение образовалось в результате передачи архивов БТИ в 2013 г [9].

В настоящий момент у большинства ранее учтенных объектов отсутствуют сведения об их местоположении, а также о некоторых важных для налогообложения характеристиках. Это приводит не только к возникновению кадастровых ошибок, но и к неправильному расчету кадастровой стоимости, а, следовательно, к неправиль-

ному налогообложению. При этом в современном законодательстве отсутствует положение, обязывающее граждан проводить кадастровый учет изменений объектов капитального строительства [8].

В отношении еще не учтенных объектов государство в лице органа регистрации придерживается заявительного принципа кадастрового учета. Указанный принцип описан Федеральным законом № 218 «О государственной регистрации недвижимости». Стоит заметить, что заявительный принцип кадастрового учета не позволяет обеспечить повсеместное проведение кадастровых работ. В связи с этим ученые отмечают мозаичную структуру системы кадастра в России. Обращаясь к вопросу о преимуществе данной процедуры для граждан, стоит отметить, что собственникам в большинстве случаев экономически выгоднее не регистрировать недвижимость. Если владелец недвижимости не планирует в ближайшее время проводить какие-либо процедуры со своим объектом, ему выгоднее владеть неучтенным имуществом. Так граждане избегают налогов и затрат на составление документов, необходимых для учета и регистрации их объектов. Таким образом, получается, что без разъяснения населению преимуществ государственного кадастрового учета и регистрации прав добиться улучшения состояния вопроса невозможно [5].

Обязательность процедуры кадастрового учета должна быть закреплена законодательно. Также на законодательном уровне должна быть закреплена административная ответственность за невыполнение учетных действий в срок. Для успешного выполнения установленного требования необходимо проводить усиленный мониторинг выполнения кадастрового учета. Причем, в данном вопросе следует учитывать зарубежный опыт ведения кадастра недвижимости, а именно применять такие размеры материальных наказаний, которые смогут побудить население к выполнению законодательных норм [6].

Чтобы более подробно разобраться в аспектах проблемы и разработать пути ее решения, следует выделить случаи государствен-

ного кадастрового учета, в которых физические лица могут пользоваться недвижимостью в обход государственной процедуры [1] [2].

1. Ранее учтенные объекты недвижимости. Неполнота сведений, которая приводит к ошибочному исчислению налогов. Кадастровый учет изменений таких объектов законодательно закреплён за собственником, однако его обязательность ничем не подтверждена.

2. Покупка земельного участка, учтенного в ЕГРН и последующее строительство здания на нем. В этом случае орган регистрации не в состоянии отследить произведенное строительство. Собственник недвижимого имущества в данном случае может пользоваться им без регистрации, а, следовательно, без уплаты налогов.

3. Проведение реконструкции или перепланировки объекта капитального строительства без проведения процедуры учета изменений. В таком случае собственник, как правило, платит налог за объект меньшей площади.

4. Самовольное строительство на учтенных земельных участках. В данном случае физическое лицо даже при возможном желании зарегистрировать свое имущество может получить отказ в проведении государственного кадастрового учета. Согласно закону, в таком случае возведенный объект подлежит демонтажу, однако на практике собственники продолжают использовать неучтенные здания.

Описанные варианты объектов недвижимости, несомненно, негативно влияют на налоговую базу, и возникают в результате одной общей проблемы – нежелания граждан проводить государственный кадастровый учет личного недвижимого имущества. Рассмотрение вопроса о том, почему так происходит – является важным шагом к улучшению системы кадастрового учета в Российской Федерации. Кадастр недвижимости со стороны собственника является сложной и закрытой системой, многообразие видов учета не приводит к улучшению ситуации. Необходимо структурировать виды объектов, а также разработать методы побуждения граждан к учету их личного недвижимого имущества.

Резюмируя все выше сказанное, следует отметить отсутствие побуждающих «бонусов» для процедуры государственной регистрации объектов недвижимости для физических, должностных и юридических лиц. На сегодняшний день существует процедура «государственного земельного надзора», предусматривающая штрафы по следующим видам нарушений: самовольное занятие земельного участка, использование земельного участка не по целевому назначению, неиспользование земельного участка. Штраф рассчитывается относительно кадастровой стоимости земельного участка, в случае ее отсутствия – устанавливаются минимальные и максимальные размеры таких штрафов. Однако в последнем случае максимальный размер штрафа составляет 700.000 рублей для юридических лиц в случае неиспользования земельного участка. Но данные наказания, связанные с административными нарушениями, носят императивный характер и никак не являются «стимулом» для осуществления государственной регистрации земельных участков, поскольку минимальные штрафы одинаковы, как для участков, для которых уставлена кадастровая стоимость, так и для тех, у которых такая стоимость не установлена. Рассматривая случай самовольного занятия земельного участка, можно сказать, что для того, чтобы избежать данного вида нарушения, следует своевременно и в законном порядке регистрировать объекты недвижимости, находящиеся в границах этого участка, и это является «рычагом» к регистрации объектов недвижимости. Однако, меры, осуществляемые государственным земельным надзором, носят «устрашающие», репрессивные черты, в то время как стимулирование не должно носить данного характера. Обращаясь к практике кадастрового учета в Российской Федерации видно, что собственники регистрируют недвижимость, как правило, с целью продажи, либо с целью учета в судебных спорах или наследстве, как таковой «стимул» для государственной регистрации объектов недвижимости в иных случаях отсутствует. Возможно, Министерству Экономического развития и иным органам, разрабатывающим законодательство в сфере кадастровых отношений, следует закрепить

данные «стимулы» на законодательном уровне. «Стимулами» могут служить, например, выплаты за своевременную регистрацию недвижимости, однако в данном случае могут возникнуть проблемы со сроками регистрации, и виноват может быть не будущий правообладатель, а орган регистрации прав или иные службы и комитеты, тогда, например, можно учитывать исходя из даты обращения правообладателя в юридическое лицо или к индивидуальному предпринимателю, занимающихся подготовкой документов для регистрации объектов недвижимости.

Литература

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>, свободный. (Дата обращения: 23.02.2020).
2. Федеральный Закон от 13.07.2015 года № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>, свободный. (Дата обращения: 22.02.2020).
3. Федеральный закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>, свободный. (Дата обращения: 21.02.2020).
4. *Вершинин В. В., Мурашева А. А., Широкова В. А., Хуторова А. О., Шаповалов Д. А., Тарбаев В. А.* Решения задач мониторинга сельскохозяйственного землепользования // Международный журнал экологического и научного образования. 2016 год. Т. 11. № 12. С. 5058–5069.
5. *Бурмакина Н. И.* Актуальные проблемы в сфере реализации кадастровых отношений и возможные пути их решения // Имущественные отношения в РФ. 2015. №160. С. 6–21.
6. *Варламов А. А.* Проблемы развития кадастровых систем в Российской Федерации // Имущественные отношения в РФ. 2013. №146. С. 72–87.
7. *Варламов А. А., Шаповалов Д. А.* Совершенствование системы управления земельноимущественным комплексом как информационная основа устойчивого экономического развития РФ // Власть. 2012. № 2. С. 69–73.
8. *Гайнутдинова Г. Ф.* Современные проблемы землеустройства и кадастров. – Казань: Казанский Федеральный университет Институт экологии и природопользования, 2015.
9. *Сулин М. А.* Кадастр недвижимости и мониторинг земель: учебное пособие / М. А. Сулин, Е. Н. Быкова, В. А. Павлова // Изд-во «Лань», СПб, 2017 365 с.

10. *Щукин М. В.* Кадастровые и технические ошибки в сведениях об объектах капитального строительства как новое явление в кадастре: обобщение опыта исправления. – Москва: «Кадастр недвижимости», 2015, 78–79.

11. Росреестр – Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс]. - <https://rosreestr.ru/site/>, свободный (дата обращения: 22.02.2020).

УДК 332.334

Елизавета Алексеевна Богданова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: elizaveta_bogdanova@mail.ru

Elizaveta Alekseevna Bogdanova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: elizaveta_bogdanova@mail.ru

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

ON THE ISSUE OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS

В данной статье рассматриваются особо охраняемые природные территории в Российской Федерации как объекты государственного кадастрового учёта, выделяются современные аспекты деятельности в области таких территорий. Изучены основные этапы подготовки описания местоположения границ особо охраняемых природных территорий. Также в статье выявлены проблемы в области внесения сведений о таких территориях в Единый государственный реестр недвижимости, проведен анализ некоторых актуальных проблем и приведены их примеры, выявлены причины их возникновения. Подведены итоги об актуальном состоянии деятельности по внесению сведений об особо охраняемых природных территориях в Единый государственный реестр недвижимости.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, описание местоположения границ, Единый государственный реестр недвижимости.

This article discusses specially protected natural areas in the Russian Federation, distinguished modern aspects of activities in these areas. The main stages of the preparation of a description of the location of the boundaries of specially protected natural areas have been studied. Also, the article identifies problems in the field of entering information about such territories into the Unified State Register of Real Estate, analyzes some of the actual problems and gives examples of them, identifies the causes of their occurrence. The results of the current state of activities on entering information on specially protected natural areas in the Unified State Register of Real Estate are summed up.

Keywords: specially protected natural areas, border location description, Unified State Register of Real Estate.

Человек всегда выделял определенную территорию, на которой ограничивалась его хозяйственная деятельность: в древние

времена такие территории представляли собой места поклонения Богам, в средние века – это охотничьи угодья господ, на которые распространялся строжайший запрет [1]. Понятие особо охраняемых природных территорий (далее – ООПТ) появилось относительно недавно: с научной точки зрения к охране природы люди подошли только в XIX веке. Индустриализация стала причиной ухудшения состояния окружающей среды человека: загрязнение воздуха, вырубка лесов, промышленные отходы, что привело к исчезновению некоторых видов животных и растений.

В Российской Федерации ООПТ выделяются как одна из категорий земель. ООПТ – это территории, предназначенные для сохранения природных объектов и комплексов, имеющих особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое и рекреационно-оздоровительное значение. Особенности таких территорий является установленный особый режим их охраны, а также их изъятие частично или полностью из хозяйственного использования согласно решениям органов государственной власти Российской Федерации [2].

В России система ООПТ стала формироваться в начале XX века, более ста лет назад, с момента создания ООПТ «Государственный природный заповедник «Баргузинский», основанный в начале 1917 года на территории Бурятии. На сегодняшний день система ООПТ России растет и развивается: согласно национальному проекту «Экология» в России до конца 2024 года появятся 5 новых ООПТ: национальные парки «Кыталык» (Республика Саха), «Тогул» (Алтайский край), «Койгородский» (Республика Коми), «Зигальга» (Челябинская область) и «Самурский» (Республика Дагестан) [3].

В 2019 году Президент Российской Федерации в обращении к Федеральному собранию поставил задачу исполнительным органам государственной власти – провести работы по определению и закреплению границ ООПТ, и внести таких сведений в Единый государственный реестр недвижимости (далее – ЕГРН) [4]. Государственное управление в области ООПТ возложено

на Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 29 мая 2008 года №404 «О Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации» [5].

На сегодняшний день актуальной проблемой является поставка на кадастровый учет границ существующих ООПТ, так как сведения о большом количестве ООПТ России не внесены в ЕГРН. Каждая ООПТ требует индивидуального подхода в подготовке сведений для внесения их в ЕГРН ввиду того, что каждая из ООПТ имеет свои особенности и нередко возникают проблемы в подготовке описания местоположения границ таких территорий.

Сведения об ООПТ в ЕГРН представляют собой описание местоположения границ такой территории. Описание местоположения границ ООПТ состоит из двух частей: графическое описание местоположения границ (рис. 1) и текстовое описание, которое содержит перечень координат характерных точек этих границ в системе координат, используемой для ведения ЕГРН.

Подготовка описания местоположения границ ООПТ состоит из нескольких этапов:

- 1) подготовительный этап;
- 2) разработка описания местоположения границ;
- 3) подача документов для внесения сведений в ЕГРН.

Подготовительный этап представляет собой сбор информации об ООПТ, картографического материала и сведений ЕГРН о территории, на которой располагается ООПТ. Основным документом об ООПТ является положение об ООПТ, в котором описывается местоположение, площадь и границы такой территории, режим ее охраны и природопользования, перечисляются запрещенные виды деятельности. Информация из положения об ООПТ используется для подготовки описания местоположения границ. Однако стоит отметить, что не у всех ООПТ существуют утвержденные государственными органами власти положения. При подготовке описания местоположения границ таких ООПТ необходимо использовать иные утвержденные нормативно-правовые докумен-

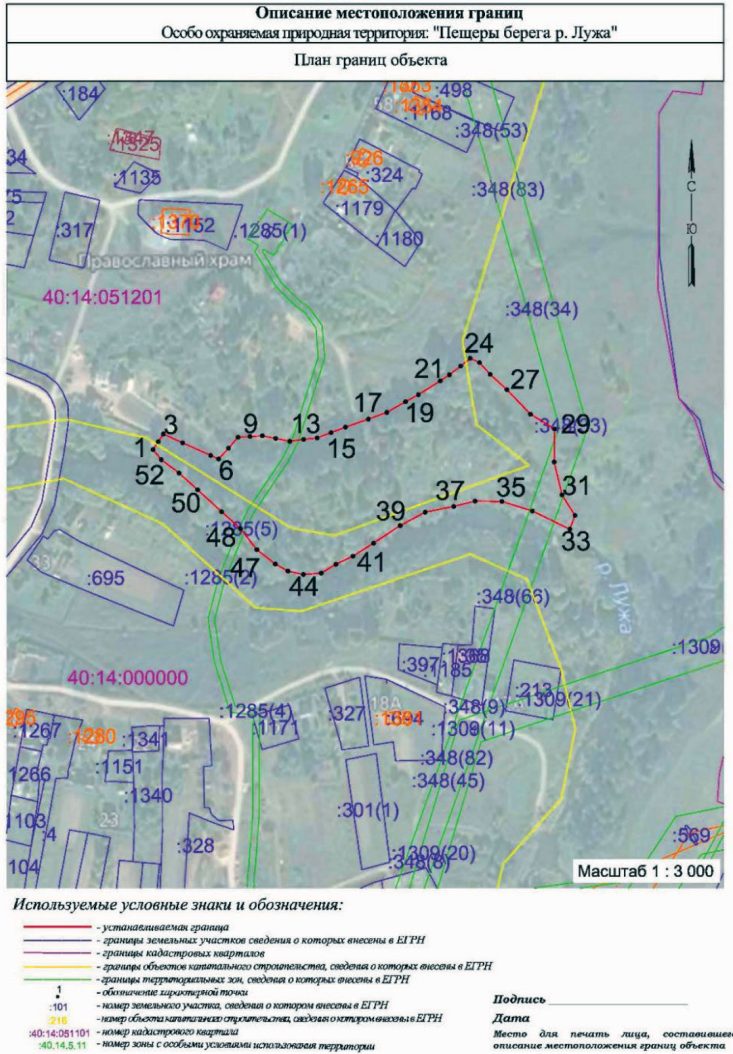


Рис. 1. План границ особо охраняемой природной территории «Пещеры берега р. Лужа» (вне масштаба)

ты, в которых есть сведения об ООПТ. В качестве примера можно привести ООПТ памятник природы регионального значения «Река Бобольская с охранным ландшафтом»: указанной ООПТ отсутствует утвержденное положение об ООПТ. В данном случае информация об ООПТ «Река Бобольская с охранным ландшафтом» содержится в Схеме территориального планирования Калужской области. Положение о такой ООПТ будет подготовлено на основании сформированного описания местоположения границ, сведения о котором будут содержаться в ЕГРН.

Нередко положения об ООПТ приходится менять после подготовки описания местоположения границ ООПТ. Такие действия обуславливаются тем, что в положении могут быть допущены ошибки, например, некорректно описано прохождение границы. Одним из примеров можно привести часть описания прохождения границы из положения об ООПТ: «северная – от правого берега р. Четь в 2 км выше устья р. Кандат <...> проходит в северо-восточном направлении, <...> выходит на р. Четь в 2 км ниже устья р. Кандат» (рис. 2) [6]. В данном описании прохождения границы неточно указано прохождение границы, а именно слова «выше устья реки» и «ниже устья реки». Таким образом можно предположить, что граница проходит выше/ниже по течению реки Кандат, выше/ниже по течению реки Четь, в которую впадает рассматриваемая река, или же выше/ниже устья реки Кандат в качестве севернее/южнее устья реки Кандат. В рассматриваемом случае в положении об ООПТ описание границы должно быть изменено на «северная – от правого берега р. Четь в 2 км севернее устья р. Кандат <...> проходит в северо-восточном направлении, <...> выходит на р. Четь в 2 км южнее устья р. Кандат».

Другой причиной изменения положения об ООПТ является изменение площади территории после подготовки описания местоположения границ. Данный факт обусловлен тем, что положения об ООПТ ранее были подготовлены на основании картографического материала и площадь вычислена аналитическим путем, что в действительности не соответствует площади, занимаемой ООПТ.



Рис. 2. Фрагмент топографической карты масштаба 1:100 000 [7]

При подготовке описания местоположения границ ООПТ нередко возникает ряд проблем. Одной из таких проблем является несоответствие лесохозяйственного регламента сведениям, содержащимся в ЕГРН. На рисунке 3 приведен пример, на котором можно увидеть, что граница субъекта Российской Федерации на лесохозяйственном регламенте не соответствует сведениям, содержащимся в ЕГРН о данной границе, и на образовавшейся территории нет лесных кварталов (рис. 3).

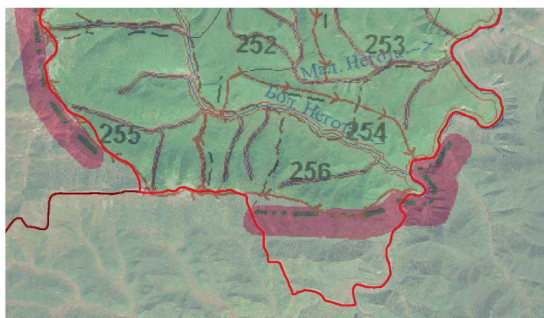


Рис. 3. Пример несоответствия лесохозяйственного регламента и границы субъекта Российской Федерации

Разработка описания местоположения границ ООПТ представляет собой подготовку плана границ объекта: на картографическую основу или материалы дистанционного зондирования наносятся сведения, содержащиеся в ЕГРН, об объектах на рассматриваемой территории и близ неё, затем согласно описанию местоположения ООПТ наносится граница данной территории и формируется текстовая часть, содержащая координаты характерных точек границы ООПТ. Подготовленный материал отправляется в исполнительный орган государственной власти (заказчику) на проверку и согласование. Согласованное описание местоположение границ ООПТ формируется в электронный пакет документов в соответствии с установленным порядком и направляется в исполнительный орган государственной власти (заказчику), который подает документы для внесения сведений в ЕГРН.

На сегодняшний день в Российской Федерации ведется активная работа по подготовке описания местоположения границ особо охраняемых природных территорий и внесения сведений о них в Единый государственный реестр недвижимости. Одним из результатов проведения работ по внесению сведений об ООПТ в ЕГРН являются сведения, внесенные о таких объектах в Новосибирской области. По данным пресс-центра Федеральной службы государ-

ственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) на территории Новосибирской области функционирует 85 ООПТ, из которых по состоянию на 1 августа 2019 года в ЕГРН содержатся сведения о 75 ООПТ (88,2%) [8].

Проводимые работы в каждом случае имеют свои особенности, нередко возникают проблемы в описании местоположения границ ООПТ. Однако работы имеют важное природоохранное и экологическое значение, сохранение природы – основы жизни человечества, поэтому, на мой взгляд, они должны проводиться комплексно, что позволит выявить сопутствующие проблемы и решить многие из них.

Литература

1. История. Особо охраняемые природные территории Российской Федерации. URL: <http://www.zapoved.ru/main/history> (дата обращения: 03.03.2020).
2. Федеральный закон от 14 марта 1995 №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» // Собрание законодательства Российской Федерации – 1995. – №12. – ст. 1024.
3. Площадь заповедных территорий России в 2019 г. увеличится на 2 млн гектаров // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: http://www.mnr.gov.ru/press/news/ploshchad_zapovednykh_territoriy_rossii_v_2019_g_uvelichitsya_na_2 mln_gektaarov/ (дата обращения: 23.12.2019).
4. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 20.02.2019 «Послание Президента Федеральному Собранию» // Российская газета. – 2019. – № 38.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 мая 2008 г. №404 «О Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации – 2008. – №22. – ст. 2581.
6. Постановление правительства Красноярского края от 29.08.2013 №421-п «О государственном биологическом заказнике краевого значения «Кандатский». URL: <http://docs.cntd.ru/document/465803599> (дата обращения: 01.03.2020).
7. Топографическая карта. URL: <http://loadmap.net/ru> (дата обращения: 05.03.2020).
8. В Новосибирской области 75 особо охраняемых природных территорий внесены в ЕГРН. URL: https://rosreestr.ru/site/press/news/v-novosibirskoy-oblasti-75-osobo-okhranyaemykh-prirodnikh-territoriy-vneseny-v-egrn-210819/?sphrase_id=16868905 (дата обращения: 03.03.2020).

УДК 528.74

Алёна Алексеевна Зицик, студент
Анна Андреевна Боголюбова,
канд. тех. наук, доцент
Алексей Юрьевич Романчиков,
канд. тех. наук, ассистент
(Санкт-Петербургский
горный университет)
E-mail: alka.00@list.ru
bonya.234@gmail.com
romanchicov@inbox.ru

Alyona Alekseevna Zitsik, student
Anna Andreevna Bogoliubova,
PhD in Sci. Tech., Associate Professor
Aleksei Yurievich Romanchikov,
PhD in Sci. Tech., Assistant
(Saint Petersburg
Mining University)
E-mail: alka.00@list.ru
bonya.234@gmail.com
romanchicov@inbox.ru

**ПРИКЛАДНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА
ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ О НАТУРНЫХ
ИЗМЕРЕНИЯХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОБМЕРОВ
НЕЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ**

**APPLICATION OF THE PHOTOGRAMMETRIC
METHOD FOR OBTAINING DATA ON FULL-SCALE
MEASUREMENTS DURING MEASUREMENTS
OF NON-RESIDENTIAL PREMISES**

В статье рассмотрен фотограмметрический метод (как альтернативный метод лазерным дальномерам), основанный на получении ряда снимков объекта измерения с последующей обработкой информации, и с итоговым получением 3D модели объекта в программах *Agisoft Metashape Professional* и *Autodesk ReCap Photo*. Посредством 3D модели был получен 2D чертеж в программе *AutoCAD*. По 3D модели имеется возможность снятия необходимых натуральных измерений или же построения сечения 3D модели. Точность измерений в среднем составляет 1 см.

Ключевые слова: натурные измерения, нежилое помещение, фотограмметрический метод, чертеж, 3D модель, облако точек.

The article considers the photogrammetric method (as an alternative method to laser rangefinders), based on obtaining a number of images of the measurement object with subsequent processing of information, and with the final obtaining of a 3D model of the object in the *Agisoft Metashape Professional* and

Autodesk ReCap Photo programs . Using a 3D model, a 2D drawing was obtained in AutoCAD. Using the 3D model, you can take the necessary full-scale measurements or build a cross-section of the 3D model. The average measurement accuracy is 1 cm.

Keywords: full-scale measurements, non-residential premises, photogrammetric method, drawing, 3D model, point cloud.

Помещения, вследствие их конструктивных особенностей, могут иметь различную конфигурацию. Существует множество геодезических методов для проведения натуральных измерений объектов. Наиболее актуальным на данный момент является фотограмметрический метод получения натуральных измерений.

Фотограмметрический метод – это инновационный подход к получению данных о натуральных измерениях. Он достаточно прост и универсален. За исключением получения ряда снимков его механика полностью автоматизирована. Основную сложность составляет постобработка полученной информации. Использование фотограмметрического метода позволяет получить больший объем информации об исследуемом объекте, при минимальных затратах труда, тем самым повышает производительность и эффективность его применения.

Для выполнения съёмки необходимо заранее продумать её сценарий. Число необходимых снимков не регламентируется, но предпочтительнее при построении модели избыток снимков, чем их малое количество. Сценарий съёмки зависит от того, какую конфигурацию имеет объект исследования.

Пространство кадра необходимо использовать максимально продуктивно. Оптимальное перекрытие снимков в продольном перекрытии 80–90%, при поперечном перекрытии 60–70% [1]. Рекомендуется, чтобы объект фотографирования занимал практически весь кадр или большую его часть. При необходимости съёмку объекта производят по частям с соблюдением достаточных величин продольных и поперечных перекрытий снимков. Размещение объекта в каждом кадре при этом не обязательно.

При проведении съёмки могут возникнуть «слепые зоны», которые должны быть сведены к минимуму. Для этого необходимо следить за перекрытием между снимками, чтобы все части исследуемого объекта отображались как минимум на двух снимках [1].

После получения блока снимков строится 3D модель объекта исследования при помощи специального программного обеспечения.

Рассмотрев теоретические аспекты фотограмметрического метода, следует проанализировать его прикладное применение как метода альтернативного лазерным дальномерам.

Для реализации фотограмметрического метода следует подобрать камеру с оптимальными характеристиками. На сегодняшний день рынок технического оснащения в сфере электроники представляет собой обширный спектр продукции и услуг.

При съёмке цифровой камерой основополагающей задачей является выбор объектива. Наилучшим вариантом является объектив с фиксированным фокусным расстоянием. В случае использования объектива с переменным фокусом, необходимо одно из крайних значений фокусного расстояния зафиксировать на весь период съёмки.

Производить съёмку желательно с максимально допустимым разрешением. *ISO* (светочувствительность/светосила) следует выставить минимальным для избавления от лишнего шума, который характерен снимкам с высоким *ISO*. Размер диафрагмы при съёмке также лучше выставлять минимальным, таким образом, достигается максимальная глубина резкости изображения [1].

В работе использовалась камера *Olympus OM-D E-M10 Mark II* с объективом *Olympus M.14-42mm F3.5-5.6 EZ*.

Объектом съёмки для получения натуральных измерений являлось нежилое помещение, содержит ряд конструктивных элементов, в силу которых усложняется процесс получения натуральных измерений. На рисунке 1 представлены снимки помещения, где отображены указанные конструктивные элементы.

В помещении процесс получения необходимых измерений для дальнейшего построения чертежа усложняет наличие различного

рода инвентаря, такого как парты, стулья, шкафы, трибуна, в большом количестве. Практически вся площадь помещения заставлена, имеются небольшие проходы. Измерение таких частей помещения, как колонна и выступ стены, усложняются при обычных измерениях рулетками.



Рис. 1. Конструктивные элементы в помещении:
а, б – колонны; в – выступающая часть стены (пилястра)

Первым этапом в фотограмметрическом методе является съёмка с целью получения необходимой информации об объекте для дальнейшей ее обработки. Сценарий съёмки помещения представлял собой последовательное получение кадров по периметру всего объекта. Углы помещения и конструктивные элементы снимались несколькими кадрами дополнительно для получения более точных результатов. За счет параметров камеры в кадр попадала большая часть помещения, а именно: часть пола, потолка и стена. Следовательно, за счет охвата большой площади помещения, проведение дополнительного ряда снимков для поперечного перекрытия, не потребовалось. Базис фотографирования составил 0,5 м, что обеспечило достаточно большое продольное перекрытие так, что каждая часть объекта изображена как минимум на 2 снимках. GSD снимка составляет 0,011 м/пикс.

В результате съёмки было получено 65 цветных снимка помещения, посредством обработки которых необходимо воссоздать 3D модель помещения, для получения натуральных измерений. Трудоёмкость процесса съёмки составила 5 минут, с учетом подготовленного сценария съёмки.

Вторым этапом является обработка полученных снимков. В качестве программного обеспечения выбраны: *Agisoft Metashape Professional*; *Autodesk ReCap Photo*.

Программное обеспечение *Agisoft Metashape Professional* использовалось для получения необходимых натуральных измерений посредством построения 3D модели. После загрузки снимков в программу создается проект. Программа производит построение модели в 4 этапа: определение положения камер, построение облака точек, построение полигональной модели, создание текстур.

1. На первом этапе построения модели определяли параметры внешнего и внутреннего ориентирования камеры. Программа автоматически распознает общие точки снимков и по ним определяет параметры камеры, такие как ее положение и ориентацию в пространстве, фокусное расстояние, параметры дисторсии и др. В результате строится разреженное облако точек в пространстве 3D модели.

2. Основываясь на данных, полученных на первом этапе, строится плотное облако точек, которое можно экспортировать, классифицировать и редактировать. Получив плотное облако точек, его следовало разрядить, удалив излишек точек с пространства модели.

3. Затем приступили к созданию полигональной модели (трёхмерной поверхности). Такая модель воссоздаёт форму объекта на основании данных плотного облака точек. Для этого задаётся рабочая область, ориентация которой производится автоматически. Таким образом, была воспроизведена трёхмерная поверхность помещения.

4. Завершающим этапом при построении 3D модели является создание её текстуры. Создание текстуры производилось на

основании полигональной модели. Параметры создания текстуры, такие как режим параметризации, режим смешивания, удаление шумов, устанавливались оператором. В режиме смешивания происходила генерализация информация по принципу смешивания значений точек из разных снимков. В работе использовался режим смешивания «мозаика» - подразумевает поэтапное смешивание. Сначала смешиваются на перекрывающихся снимках низкочастотные компоненты, затем высокочастотные компоненты для более точной детализации текстуры. Итоговая текстурированная 3D модель представлена на рисунке 2.

При построении модели важной задачей было максимально точно отобразить конструктивные элементы помещения, затрудняющие произведение натурных измерений. Поскольку измерения производятся на уровне 1,1–1,3 метра, детальное отображение в пространстве модели всего находящегося инвентаря не было столь существенным и необходимым. На рисунке 3 (а, б) отображен построенный интерьер помещения. Достаточно точно были воссозданы конструктивные элементы и углы помещения, что позволяет получить высокую точность измерений.

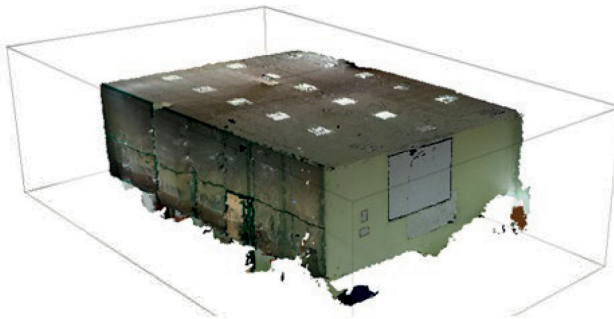


Рис. 2. Текстурированная 3D модель помещения

Для получения 2D чертежа необходимо провести сечение полученной модели. Сечение лучше выполнять по общим требова-

ниям снятия натурных измерений на уровне 1,1–1,3 метра. В результате полученного сечения модели, посредством обработки его в программе *AutoCAD*, был получен чертёж периметра помещения (рис. 6 (а)). Для использования данного чертежа в графической части технического плана, его необходимо дополнить условными обозначениями и вынести ширину стен на чертёж.

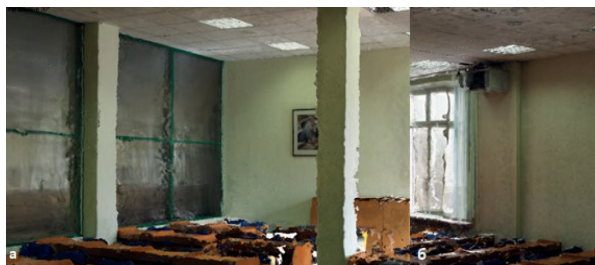


Рис. 3. Модели конструктивных элементов помещения:
а) колонны; б) пилястра

Для отображения всех необходимых деталей, а именно: указания на чертеже расположения оконных и дверных проёмов (если на разрезе они явно не выражены), их размерностей, а также размерностей конструктивных элементов была использована функция «линейка» в *Metashape* (рис. 4 (а, б)).



Рис. 4. Указания на чертеже расположения и размеров:
а) колонны; б) дверного проёма; в) стенового выступа (пилястра)

Таким образом, было выполнено построение 3D модели помещения и посредством его сечения построен 2D чертеж, необходимый для технического плана. Обработка снимков, построение разреженного облака точек, плотного облака точек, полигональной модели и её текстуры, получение сечения заняло порядка полутора часов.

Процесс создания 3D модели в программном продукте *Autodesk Recap Photo* аналогичен процессу создания в *Metashape*. Для выполнения построения модели использовался тот же блок снимков. После загрузки снимков в облако программы создаётся проект. Все расчёты проводятся в самом облаке и не требуют больших мощностей. Далее производится автоматическая обработка снимков и по итогу получается полигональная модель помещения (рис. 5).



Рис. 5. Полигональная модель

Необходимые натурные измерения с модели можно снимать при помощи инструмента измерения расстояний. Его принцип измерений аналогичен функции «линейка» в *Metashape*. Посредством функции «*Slice & fill model*» было получено сечение созданной 3D модели. Вынос необходимых размеров помещения и доработка чертежа до требуемого вида производилась в программе *AutoCAD*, в результате чего был получен чертеж, представленный на рисунке 6 (б).

В целях применения полученных чертежей в графической части технического плана, а конкретно в виде плана этажа (части

этажа), чертеж необходимо также дополнить условными обозначениями и вынести толщину стен.

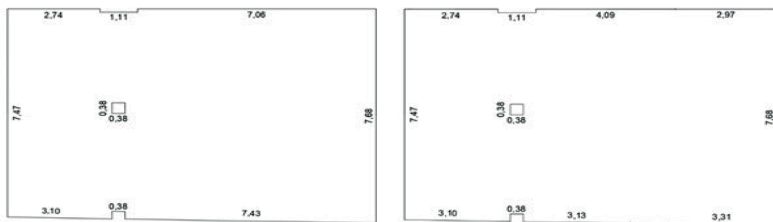


Рис. 6. Чертеж периметра помещения:
а) *Agisoft Metashape Professional*; б) *Autodesk Recap Photo*

При использовании фотограмметрического метода сложность заключается лишь в постобработке полученной информации. Однако, методика имеет ряд существенных преимуществ.

В первую очередь отметим, что метод получения натуральных измерений строится не как в методе лазерных дальномеров «от общего к частному», а, наоборот, «от частного к общему». То есть натурные измерения являются второстепенными данными, которые берутся посредством достижения первостепенной цели – построения 3D модели помещения. При этом, точность получения необходимых данных о натуральных измерениях выше необходимой точности – 0,01 метра.

Во-вторых, использование фотограмметрического метода для получения обмеров является актуальным и продуктивным в отношении помещений, имеющих сложную конфигурацию. Если рассмотреть помещение, обладающее, помимо значительного количества конструктивных элементов, непрямоугольными, а эллипсоидными гранями, или нестандартными углами поворота (т. е. $90 < \alpha < 90$), то измерение такого помещения с использованием лазерной рулетки будет являться достаточно многоплановым процессом. Помимо измерений длин, необходимо продумать построение вспомогательных линий, для отображения радиуса закругления стен или отобра-

жения в градусной мере углов поворота помещения. Таким образом, при построении *3D* модели помещения, имеющего подобного рода сложную конфигурацию, достаточно получить разрез данной модели, чтобы сформировать требуемый *2D* чертёж.

В-третьих, наличие *3D* модели объекта позволяет производить повторные измерения без выезда к конкретной локации. При необходимости решения спорных вопросов, в отношении каких-либо деталей помещения, *3D* модель предоставляет возможность наглядно, без потери большого количества времени, урегулировать такие вопросы по мере их поступления.

В целом *3D* модель представляет собой хорошее дополнение, поскольку несёт в себе информацию не только о натуральных измерениях, а затрагивает всё пространство помещения, в том числе отражает его интерьер и состояние на момент подготовки такой модели. С течением времени по *3D* модели можно проследить происходящие изменения в плане перепланировки помещения или деформации строительных конструкций.

Литература

1. Agisoft Metashape Professional Edition: Руководство пользователя // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf (Дата обращения 15.02.2020).

УДК 332.36

Дарья Алексеевна Головацкая, студент
(Санкт-Петербургский государственный
университет)
E-mail: ledgerian1@gmail.com

Daria Alekseevna Golovatskaya, student
(Saint Petersburg State
University)
E-mail: ledgerian1@gmail.com

КАДАСТРОВЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПЕРЕПЛАНИРОВКИ И РЕКОНСТРУКЦИИ КОММУНАЛЬНЫХ КВАРТИР В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

CADASTRAL WORK DURING REDEVELOPMENT AND RECONSTRUCTION OF COMMUNAL APARTMENTS IN SAINT PETERSBURG

В статье освещена история коммунального жилья в Санкт-Петербурге и ситуация на современном рынке недвижимости. Проведен анализ понятий перепланировка и переустройство и рассмотрен порядок кадастровых работ, связанных с ними.

Ключевые слова: коммунальная квартира, перепланировка, переустройство, реконструкция, кадастровые работы.

The article covers the history of communal housing in Saint Petersburg and the situation on the modern real estate market. The analysis of the concepts of redevelopment and reconstruction and the order of cadastral works related to them is considered.

Keywords: communal apartment, redevelopment, reconstruction, cadastral work.

Санкт-Петербург – молодой город с великой историей. Все события, произошедшие на территории бывшей столицы России, имели огромное влияние на повседневную жизнь людей и место их проживания. В статье мы детально рассмотрим историю появления и дальнейшего существования коммунальных квартир, как явления, возникшего впервые в Санкт-Петербурге. Настоящий спрос на данные квартиры и комнаты на рынке купли-продажи и аренды недвижимости достаточно велик. Более того, сейчас можно наблюдать новое явление, связанное с данным видом объекта недвижимости – перепланировка и переустройство с целью преобразова-

ния комнаты в отдельную студию в центре города, что безусловно является привлекательным предложением. В связи с проведением ремонтных работ правообладатели заинтересованы в законности их проведения, иначе могут возникнуть проблемы с продажей недвижимости. Такие работы напрямую связаны с оформлением документов у кадастрового инженера. Соответственно, данному специалисту важно знать правильный порядок действий в такой ситуации, так как она актуальна на данный момент.

История коммунальных квартир берет свое начало в XVIII веке. Доходные дома и большие квартиры перестраивались посредством разделения перегородками и образовали «углы». Наибольшее распространение коммунальное жилье получило после смены власти в стране в 1917 году. В целях «уплотнения» жилья состоятельных граждан, принадлежащие им квартиры, заселяли рабочими и нуждающимися. На одной жилплощади умещалось несколько семей, а владение отдельной комнатой стало практически невозможно. Проживающие в таких условиях семьи делили общую ванную комнату и кухню [5,6]. В 1927 году норматив жилой площади для одного человека достигал 5,7 квадратных метров. Советская власть ушла с распадом СССР, но квартиры-коммуны остались до сих пор и представляют жилищную проблему в современных условиях по нескольким причинам:

1. Высокий физический и моральный износ зданий;
2. Многие помещения представляют собой объекты культурного наследия из-за чего не могут быть перестроены в соответствии с современными тенденциями;
3. Граждане, заинтересованные в покупке жилья в центре города, не готовы выкупать квартиры площадью 100-200 квадратных метров.
4. Долящики не имеют достаточного количества средств для покупки отдельного жилья большей площади.

В силу вышеперечисленных обстоятельств на данный момент существует несколько возможных решений. Во-первых, в 2008 году была принята отдельная целевая программа «Расселение комму-

нальных квартир в Санкт-Петербурге» [4], направленная на комплексное решение данных вопросов. Оказание государственной поддержки в рамках данной программы осуществляется несколькими способами:

- передачи участникам программы по договорам купли-продажи освободившихся жилых помещений (комнат) в коммунальных;
- перераспределения жилых помещений (комнат) в коммунальных квартирах и жилых помещений государственного жилищного фонда Санкт-Петербурга;
- первоочередного оказания участникам программы видов государственного содействия, предусмотренных другими целевыми программами Санкт-Петербурга;
- привлечения к расселению коммунальных квартир средств юридических (физических) лиц-участников Программы.

Во-вторых, начиная с 90-х годов и заканчивая нашим временем, часть коммунальных квартир была переоборудована в торговые и офисные помещения, хостелы и мини-отели. И в-третьих, последним и постепенно распространяющимся способом расселения коммунальных квартир является превращение всех комнат в коммуналке в подобие нескольких квартир-студий, совмещенных общим коридором.

Согласно данным рынка недвижимости по состоянию на начало 2020 года [3] квартира-студия в центре Петербурга стоит примерно 2,5 миллиона рублей, а однокомнатная квартира будет стоить около 8 миллионов рублей. В свою очередь средняя цена квартир-студий и однокомнатных квартир на окраине Санкт-Петербурге колеблется в пределах 3-4 миллионов рублей. Потенциальный покупатель чаще всего представляет собой студента, молодую семью или инвестора, в меньшем количестве спрос будет исходить от взрослых людей, которым нужно жилье, рассчитанное на одного человека. Исходя из общей картины рынка, можно предположить, что для удовлетворения спроса жилье должно быть недорогим, так как скорее всего для его покупки потребуются использовать ипотечное кредитование. Более того, следует учесть тот факт, что при созда-

нии студии чаще всего формируют стильный и современный дизайн, что также привлекает покупателя. Таким образом, перепланировка коммунальных квартир и их последующая перепродажа в качестве квартир-студий будет иметь большой спрос.



Рис. 1. Преобразование старого фонда на современный лад является причиной покупки студии в коммунальной квартире [7]

Законодательной основой перепланировки и переустройства жилых помещений является глава 4 Жилого кодекса Российской Федерации. Определения вышеперечисленных терминов и их различия представлены на рисунке [1].

Таким образом, в соответствии со схемой можно сделать вывод о том, что данные понятия различны, но для преобразования комнаты в квартиру-студию данные процедуры проводятся одновременно.

Помимо всего прочего существует ряд условий, без соблюдения которых узаконивание проведенных работ может быть невозможно (рис. 3).

Сопровождение кадастрового инженера может быть начато с момента принятия решения о перепланировке квартиры, так как сопровождение специалиста с самого начала гарантирует в большинстве случаев законность совершения сделки и упрощение порядка составления и принятия документов. Если все вышеперечис-

ленные условия соблюдены, то следующим этапом работ является сбор следующих документов:

1. Техническое заключение о состоянии несущих стен.
2. Проект электроснабжения.
3. Проект вентиляции.
4. Проект водоснабжения.
5. Проект канализации.

Перепланировка – изменение *конфигурации* помещения, требующее внесения изменения в технический паспорт помещения в многоквартирном доме.

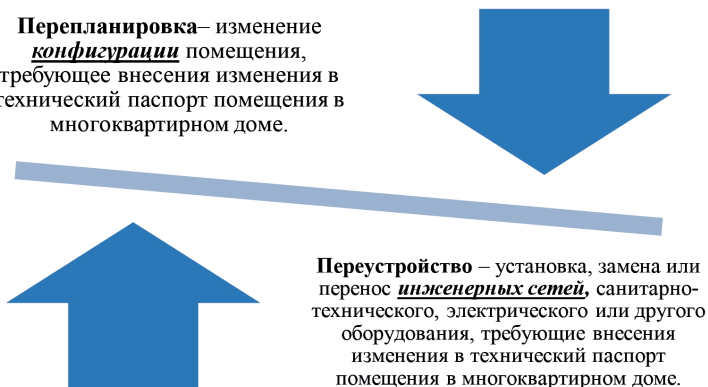


Рис. 2. Определение терминов «переустройство» и «перепланировка» [1]

На основании вышеуказанных документов начинается подготовка проекта перепланировки. Самый важный документ, который потребуется после проведения всех экспертиз и проверок, это проект разъединения коммунальной квартиры. Он разрабатывается организацией, которая имеет права и допуски к выполнению работ подобного рода и зарегистрирована в СРО. Без проекта невозможно будет согласовать и узаконить разделение квартиры и произвести все предполагаемые ремонтные работы. А следовательно, без него потом не получить документы на новое имущество. Проект по разъединению коммунальной квартиры:

- план квартиры до разъединения и экспликацию;
- пояснительную записку;

- планы двух квартир после разъединения и их экспликации;
- противопожарные мероприятия;
- экспликации полов;
- планы (до и после) расстановки сантехнического оборудования;
- планы (до и после) разводки труб;
- планы устройства гидроизоляции;
- и другие чертежи, и планы.



Рис. 3. Обязательные условия для преобразования комнаты в коммунальной квартире в студию [8]

Также стоит обратить внимание на то, что многие квартиры в центре города являются объектами культурного наследия и вместо проекта перепланировки разрабатывается проект приспособления помещения для современного использования и впоследствии потребуется заключение комитета по охране и использованию памятников.

Собрав полный пакет документов, правообладатель помещения или доверенное лицо, вместе с заявлением на перепланировку, сдает его в жилищную комиссию или орган местного самоуправления и ждет заключения экспертизы. По итогу проверки доку-

ментов выдается Решение о согласовании перепланировки и переустройства жилых помещений, на основании которого можно приступать к проведению ремонтных работ. По окончании проведения строительно-монтажных работ проводится проверка на соответствие проекта и проведенного ремонта помещения и выдается акт приемки в эксплуатацию после перепланировки и переустройства объекта.

В итоге вышеперечисленного кадастровый инженер вправе приступить к формированию технического плана с целью внесения изменений в характеристики объекта недвижимости в связи с образованием новых жилых помещений. Работа кадастрового инженера состоит из трех этапов:

- подготовительный;
- полевой;
- камеральный.

На подготовительном этапе кадастровый инженер заключает договор с заказчиком на выполнение кадастровых работ и производит полную проверку документов на подлинность, законность и соответствие требуемой цели кадастровых работ. Далее производятся полевые работы, которые заключаются в обмерных работах на объекте недвижимости. Для выполнения обмерных работ помещений используются лазерные рулетки и вычерчивают абрисы.

На основании ранее выполненных работ кадастровый инженер переходит к камеральному этапу работ и при использовании специализированного программного обеспечения составляет технический план. Технический план состоит из текстовой и графической части. В состав исходных документов включаются:

- 1) Выписка из Единого государственного реестра недвижимости об объекте недвижимости;
- 2) Проект;
3. Решение о согласовании перепланировки и переустройства жилых помещений;
4. Акт приемочной комиссии, подтверждающий завершение переустройства и (или) перепланировки и (или) иных работ;

5. Согласие на обработку персональных данных и пр.

Далее заполняется информация о характеристиках образуемых помещений, а именно:

- 1) Кадастровый номер исходного объекта недвижимости;
- 2) Номер кадастрового квартала (кадастровых кварталов), в пределах которого (которых) расположен объект недвижимости;
- 3) Номер, тип этажа (этажей), на котором (которых) расположено помещение;
- 4) Обозначение (номер) помещения, машино-места на поэтажном плане;
- 5) Адрес объекта недвижимости;
- 6) Назначение объекта недвижимости;
- 7) Наименование объекта недвижимости;
- 8) Площадь объекта недвижимости (Р), кв. м.

Графическая часть технического плана несет в себе информацию о планировке образуемых помещений и их расположении на этаже. Для удобства чтения поэтажных планов каждое образуемое помещение обводится красным цветом, что поясняется в условных обозначениях. В итоге проведенных кадастровых работ технический план записывается на диск и передается в орган кадастрового учета. Согласно [2] в случае представления в орган кадастрового учета технического плана, подготовленного в результате перепланировки помещения(й), без приложения к нему копий проекта перепланировки помещения(й), выданного осуществляющим согласование органом документа, подтверждающего принятие решения о согласовании перепланировки, и акта приемочной комиссии, подтверждающего завершение перепланировки, орган кадастрового учета запрашивает копии указанных документов в порядке межведомственного информационного взаимодействия.

В результате проведения процедуры кадастрового учета правообладателем по истечению 5–7 рабочих дней может быть получена выписка из Единого государственного реестра недвижимости об объекте недвижимости с данными об образованных объектах

недвижимости, если не было оснований для приостановления кадастрового учета.

Таким образом, кадастровые работы по узакониванию перепланировки коммунальных квартир в Санкт-Петербурге на данный момент актуальны и востребованы. Они имеют законное обоснование, что упрощает порядок их выполнения, но в силу сложности выполнения всех условий могут иметь ряд трудностей, а в иных случаях могут быть невыполнимы.

Литература

1. «Жилищный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 188-ФЗ (ред. от 06.02.2020) URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=344848&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.16722133570737552#022723600522585885> (дата обращения: 15.03.2020 г.).
2. Письмо № ОГ-Д23-6026 от 30 апреля 2015 г. относительно государственного кадастрового учета изменений жилых помещений в результате перепланировки URL: http://old.economy.gov.ru/minec/activity/sections/landRelations/201505293%3Fpresentationtemplate%3Dm_activityFormMaterial%26presentationtemplateid%3Daabc27004b74dbd4bfa4bf77bb90350d (дата обращения: 15.03.2020 г.).
3. ЦИАН – база недвижимости в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. URL: <https://spb.cian.ru/> (дата обращения: 15.03.2020 г.).
4. Расселение коммунальных квартир в Санкт-Петербурге URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/gilfond/news/168614/> (дата обращения: 15.03.2020 г.).
5. Коммунальные квартиры Санкт-Петербурга URL: <https://spb.yanaidy.ru/blog/kommunalnye-kvartiry-sankt-peterburga> (дата обращения: 15.03.2020 г.).
6. Коммунальная квартира: как организована жизнь в мини-государстве URL: <https://monocler.ru/kommunalnaya-kvartira/> (дата обращения: 15.03.2020 г.).
7. ГК «Метражи» URL: <https://metrazhi.ru/> (дата обращения: 15.03.2020 г.).
8. Перепланировка комнаты в студию URL: <https://pravoved.ru/question/234262/> (дата обращения: 15.03.2020 г.).

УДК 332.334.2

Анна Юрьевна Толкачева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: tolkacheva@gazproekt.spb.ru

Anna Yuryevna Tolkacheva, student,
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: tolkacheva@gazproekt.spb.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ УТВЕРЖДЕНИЯ ПРОЕКТА ПЛАНИРОВКИ И МЕЖЕВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ

STUDY OF THE PROCEDURE FOR APPROVING THE PROJECT OF PLANNING AND SURVEYING THE TERRITORY

В статье рассматривается проблема постановки на государственный кадастровый учет земельных участков под размещение линейных объектов на основании утвержденного проекта планировки и межевания территории. Проанализировав законодательную базу в области разработки и утверждения документации по планировке территории, была определена общая процедура реализации градостроительной документации. Была выявлена чрезмерная продолжительность некоторых из этапов разработки документации, вследствие чего возникает риск регистрации вновь образуемых земельных участков на территории, в отношении которой утверждается проект планировки и межевания территории. В статье отмечено, что это связано с необязательным характером учета параллельно разрабатываемой документации по планировке территории ни кадастровым инженером, ни государственным регистратором прав. В статье предложено усовершенствовать процедуру утверждения проекта планировки и межевания территории с целью уменьшения продолжительности некоторых из этапов, а также внести изменения в действующие нормативно-правовые акты Российской Федерации в части обязательного учета документации по планировке территории при обеспечении кадастровой деятельности.

Ключевые слова: государственный кадастровый учет, проект планировки и межевания территории, документация по планировке территории, процедура утверждения документации, земельный участок, линейный объект, Ленинградская область.

The article discusses the problem of registering land plots for the placement of linear objects on the state cadastral register based on the approved project for plan-

ning and land surveying. After analyzing the legislative framework in the field of development and approval of documentation for the planning of the territory, the general procedure for the implementation of urban planning documentation was determined. The excessive duration of some of the stages of the development of the documentation was revealed, as a result of which there is a risk of registering newly formed land plots in the territory in respect of which the draft planning and land surveying is approved. The article notes that this is due to the optional nature of accounting for parallel-developed documentation on the planning of the territory by either the cadastral engineer or the state registrar of rights. The article proposes to improve the procedure for approving a project for planning and surveying a territory in order to reduce the duration of some of the stages, as well as to amend the current regulatory legal acts of the Russian Federation with regard to the mandatory registration of documentation on territory planning while ensuring cadastral activities.

Keywords: state cadastral registration, project of planning and land surveying, documentation on territory planning, documentation approval procedure, land plot, linear object, Leningrad region.

Проект планировки и межевания территории является генерализацией стратегически важных документов в сфере градостроительных и земельных правоотношений – начиная от схемы территориального планирования Российской Федерации, заканчивая генеральным планом поселения. В документации по планировке территории (далее – ДПТ) учитывается степень взаимного влияния существующих, планируемых к реализации объектов с проектируемым, определяется наиболее оптимальное расположение объекта с точки зрения экологических, экономических, градостроительных, а также земельных аспектов. В отношении кадастровой деятельности, проект планировки и межевания территории является основанием для постановки на государственный кадастровый учет земельных участков под строительство или эксплуатацию линейных объектов. Поэтому при разработке, согласовании и утверждении документации по планировке территории важно учитывать требования действующего законодательства в области обеспечения кадастровой деятельности.

Актуальность темы исследования состоит в том, что в настоящее время реализация проекта планировки и межевания терри-

тории напрямую зависит от продолжительности каждого из этапа утверждения документации, ввиду необязательности учета кадастровым инженером сведений о параллельно разрабатываемой документации по планировке территории при регистрации вновь образованных земельных участков. Так как постановка земельного участка на государственный кадастровый учет занимает 30 календарных дней, а продолжительность разработки, согласования и утверждения документации по планировке территории может варьироваться от полугода до года, то возникает риск образования новых земельных участков в границах проектирования объекта, что неизбежно приводит к корректировке документации.

Проанализировав нормативно-правовую базу, регламентирующую порядок и сроки разработки документации по планировке территории, было отмечено, что Градостроительный кодекс Российской Федерации (статья 42, 43) определяет только состав документации, а сроки разработки устанавливаются на региональном и местном уровне [1]. На рисунке 1 представлены сроки разработки, согласования и утверждения проекта планировки и межевания территории на уровне субъекта Российской Федерации – Ленинградской области. Необходимо отметить, что некоторые закрепленные на законодательном уровне сроки имеют чрезмерную продолжительность. Например, согласование документации по планировке территории, передача материалов для назначения публичных слушаний, проверка в Комитете градостроительной политики (далее – КГП) материалов после проведения публичных слушаний.

Согласно действующему законодательству кадастровый инженер не обязан учитывать параллельно разрабатываемую документацию по планировке территории. Также необходимо отметить, что орган регистрации прав не обладает сведениями о границах проектирования объекта, планируемого к реализации в рамках документации по планировке территории. Данные сведения вносятся в схему территориального планирования на местном, региональном или даже федеральном уровне, а также передаются в орган, уполномоченный на утверждение проекта планировки и межева-

ния территории – в документы и органы, которые не имеют отношения к обеспечению кадастровой деятельности. Поэтому возникает проблема постановки земельных участков на государственный кадастровый учет на основании проекта межевания территории.

Согласно Земельному кодексу Российской Федерации при образовании земельных участков и частей земельных участков в проекте межевания территории учитываются следующие границы:

1. Границы земельных участков и (или) частей земельных участков, сведения о которых внесены в Единый государственный реестр недвижимости;

2. Границы земельных участков и (или) частей земельных участков, которые не установлены в соответствии с требованиями действующего законодательства;

3. Границы муниципальных образования и (или) границы населенных пунктов [2];

4. Границы водных объектов;

5. Границы различных категорий земель.

В случае регистрации вновь образованного земельного участка в границах проектирования объекта кадастровый инженер не сможет поставить земельные участки на государственный кадастровый учет на основании утвержденного проекта межевания, так как согласно п.20 статьи 26 Федерального закона от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости»:

Осуществление государственного кадастрового учета и (или) государственной регистрации прав приостанавливается по решению государственного регистратора прав в случае, если границы земельного участка, на который представлено заявление, пересекают границы другого земельного участка, сведения о котором содержатся в Едином государственном реестре недвижимости [3].

Таким образом, кадастровый инженер при подготовке межвых планов на основании проекта межевания территории обязан учесть вновь образованные земельные участки, то есть образовать новые земельные участки или части земельных участков (рис. 2,

рис. 3). Однако, согласно пункту 1 и 2 статьи 11.3 Земельного кодекса образование данных земельных участков или частей земельных участков должно осуществляться в соответствии с проектом межевания территории [2].

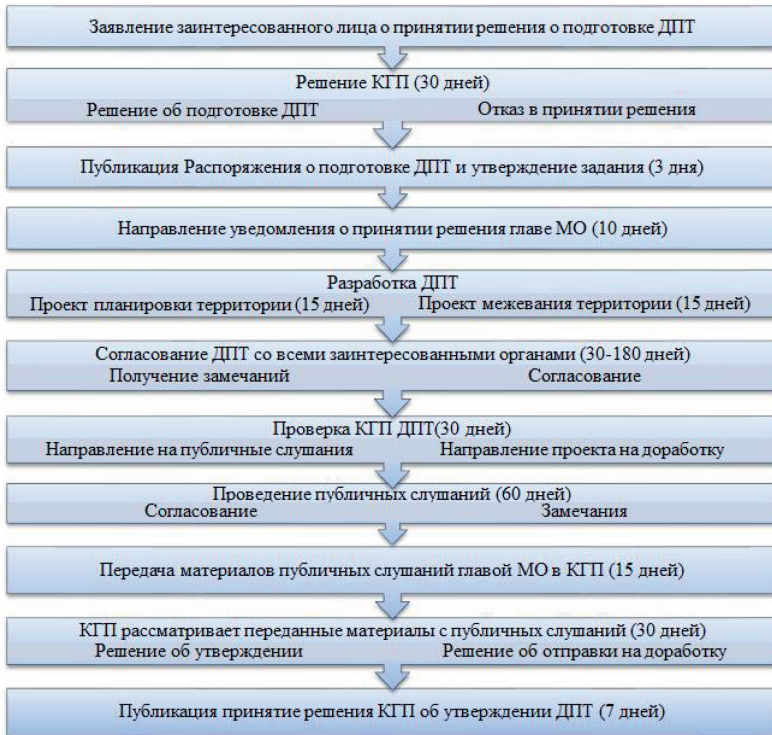


Рис. 1. Процедура и сроки разработки и утверждения проекта планировки и межевания территории

Учитывая вышеизложенное любое изменение границ земельных участков, частей земельных участков, муниципальных образований в границах проектирования документации по планировке территории, приведет к изменению проекта межевания территории.



Рис. 2. Вновь образованные земельные участки

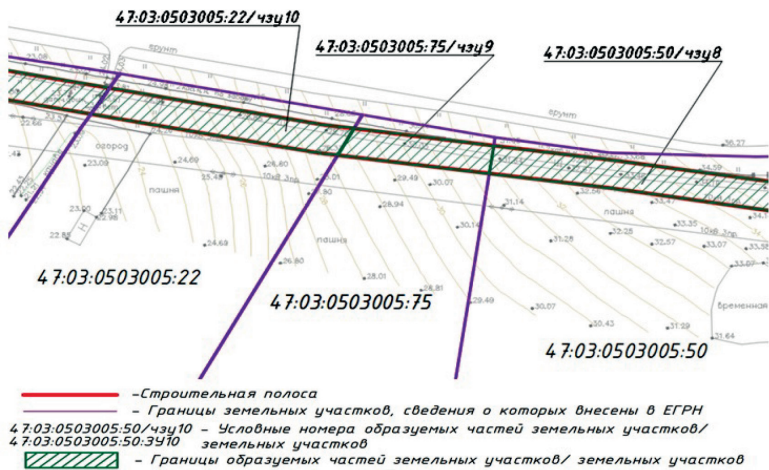


Рис. 3. Образование новых земельных участков или части земельных участков

Корректировка документации приведет к повторному прохождению процедуры утверждения проекта: согласование с собственниками, проверка документации органом, уполномоченном на утверждение, направление документации на публичные слушания, направление и проверка документов после проведения публичных слушаний. Однако, проводя повторно данную процедуру нет никакой гарантии, что на территории проектируемого объекта не возникнут новые земельные участки. Необходимо отметить, что это повлечет за собой пролонгацию технических условий и требований на пересечении инженерных коммуникаций, а также получение нового технического задания на разработку документации по планировке территории, в котором могут появляться новые согласующие органы ввиду стремительного изменения законодательства в области градостроительной деятельности.

С целью уменьшения рисков корректировки документации по планировке территории, предложена усовершенствованная процедура утверждения проекта планировки и межевания территории. Например, направление уведомления о принятии решения главе МО можно сократить до 5 календарных дней, передача и рассмотрение материалов после публичных слушаний может осуществляться в течении 20 календарных дней, а также публикация распоряжения об утверждении ДПТ в течении 3 календарных дней (рис. 4).

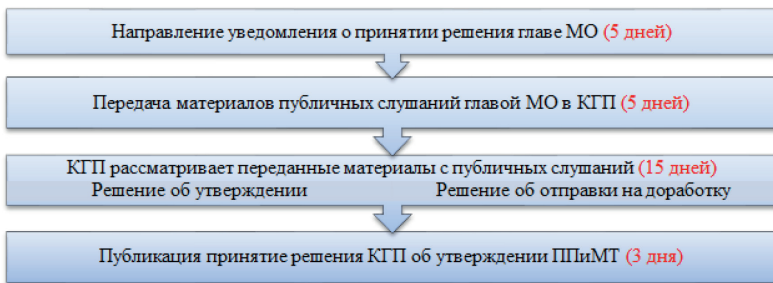


Рис.4. Усовершенствование сроков и процедуры утверждения проекта планировки и межевания территории

Также необходимо внести изменения в нормативно-правовые акты федерального уровня: ввести обязательный характер учета параллельно разрабатываемой документации по планировке территории органом регистрации прав при регистрации вновь образованных земельных участков или их частей.

Таким образом, внесение изменений в сроки разработки и утверждения проекта планировки и межевания территории, а также обязательный характер учета параллельно разрабатываемой документации по планировке территории органом регистрации прав, приведет к уменьшению вероятности корректировки документации и к увеличению вероятности реализации в установленные сроки стратегически важных объектов на территории Российской Федерации.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: текст с изменениями и дополнениями на 2019 г. – Москва: Эксмо, 2019. – 288 с. – Законы и кодексы.
2. Земельный кодекс Российской Федерации: текст с изменениями и дополнениями на 2019 г. – Москва: Эксмо, 2019. – 192 с. – Законы и кодексы.
3. О государственной регистрации недвижимости: Федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ / принят Государственной Думой 3 июля 2015 года, одобрен Советом Федерации 8 июля 2015 года // Российская газета. – 2015. – 1 сентября. – 158 с.

УДК 332.62

Светлана Михайловна Шульцева,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: svetlanashulceva@gmail.com

Svetlana Mikhailovna Shultseva,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: svetlanashulceva@gmail.com

АПАРТАМЕНТЫ – КАК ОБЪЕКТ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ

APARTMENTS – AS AN OBJECT OF CADASTRAL VALUATION

В Российской Федерации государственная кадастровая оценка недвижимого имущества является основополагающей для системы налогообложения. Правила и порядок ее проведения регулируются положениями современного оценочного, земельно-имущественного и гражданского законодательства.

В настоящий момент понятие апартаменты юридически не закреплено ни в одном нормативно-правовом акте. В результате чего кадастровая оценка данного вида объектов недвижимости не учитывает его уникальных характеристик, поэтому кадастровая стоимость апартаментов может быть завышенной или заниженной.

Ключевые слова: государственная кадастровая оценка, нежилое помещение, жилое помещение, апартаменты, кадастровая стоимость, рыночная стоимость.

In the Russian Federation, the state cadastral valuation of real estate is fundamental to the tax system. The rules and the procedure for its implementation are governed by the provisions of modern appraisal, land, property and civil law.

At the moment, the concept of an apartment is not legally enshrined in any regulatory act. As a result, the cadastral valuation of this type of real estate does not take into account its unique characteristics, so the cadastral value of apartments can be overstated or underestimated.

Keywords: state cadastral valuation, non-residential premises, residential premises, apartments, cadastral value, market value.

На сегодняшний день кадастровая оценка в Российской Федерации является обязательным элементом определения налога на недвижимое имущество. Порядок и правила ее проведения строго регламентированы соответствующим законодательством.

В современных условиях на российском рынке недвижимости наблюдается большой дефицит презентабельных и подлежащих жилой застройке земельных участков. В результате чего сложилась тенденция возводить многофункциональные комплексы, нежилые бизнес-центры с включением в них нежилых помещений, предназначенных для проживания – апартаментов. Часть апарт-комплексов представляют собой реконструированные здания – бывшие фабрики и заводы, к ним также относят элитное жилье (апартаменты, резиденции, сити-виллы, лофты и т. п.), расположенное в рекреационных зонах и исторических районах, где жилая застройка запрещена.

В России данный вид недвижимости появился относительно недавно и как такового понятия «апартаменты» в законодательстве Российской Федерации до сих пор не существует. На практике под этим наименованием понимаются нежилые с юридической точки зрения помещения, которые реализуются гражданам и юридическим лицам для фактического использования в жилых целях. Иначе говоря, апартаменты – это нежилые помещения в гостинично-офисных комплексах, предназначенные для долговременного проживания без возможности получения постоянной регистрации.

Обладание подобным видом недвижимости имеет ряд нюансов по сравнению с обычными жилыми помещениями. Ниже приведена таблица №, в которой представлены основные отличия апартаментов от квартир.

Таблица 1

Основные отличия апартаментов от квартир

| Квартира | Апартаменты |
|------------------------|--|
| Жилая недвижимость | Нежилая недвижимость |
| Постоянная регистрация | Оформление только временной регистрации (до 5 лет) при условии, что апартаменты имеют статус гостиницы |

| Квартира | Апартаменты |
|---|---|
| Собственники квартир владеют общим имуществом на правах общей долевой собственности | У собственников отсутствует право общей долевой собственности на общее имущество в нежилых зданиях, где расположены апартаменты |
| Инфраструктура гарантирована законодательством | Наличие инфраструктуры не гарантировано |
| Государственный контроль над техническими требованиями (ГОСТы, СНиПы) | Отсутствие жестких требований к техническим требованиям |
| Налоговый вычет | Отсутствие налогового вычета |

К апартаментам не применяются налоговые вычеты, предусматривающие уменьшение налогооблагаемой базы в отношении квартиры (комнаты) на величину кадастровой стоимости 20 (10) кв. м. общей площади такой квартиры.

Согласно пункту 1 статьи 401 Налогового кодекса РФ (далее – НК РФ), апартаменты как объекты налогообложения могут быть отнесены к иным помещениям [2]. На федеральном уровне не предусмотрены налоговые льготы для таких объектов недвижимости, однако в соответствии с НК РФ субъекты РФ вправе принимать нормативно-правовые акты, касающиеся региональных налогов и сборов [2].

Фактически налог на имущество в отношении апартаментов в Санкт-Петербурге определяется Налоговым кодексом РФ и Законом Санкт-Петербурга от 26.11.2014 № 643-109 «О налоге на имущество физических лиц» [3] и во многом зависит от того, в каком именно комплексе они располагаются. Это объясняется тем, что в законодательстве РФ, в том числе в налоговом, так такового понятия «апартаменты» на данный момент не существует.

Как показывает практика, согласно пункту 8 статьи 3 выше указанного Закона, ставка налога на прочие объекты налогообло-

жения (в т.ч. на апартаменты) определена в размере 0,1 % от кадастровой стоимости объекта налогообложения [3].

Если провести сравнение, то налоговые ставки для жилых помещений и апартаментов будут следующие (таблица 2):

Таблица 2

**Налоговые ставки для жилых помещений
и апартаментов**

| | Квартиры (жилой фонд) | Апартаменты (гостинично-офисный комплекс) |
|---|--|--|
| Налоговые ставки в Санкт-Петербурге установлены Налоговым кодексом РФ и Законом «О налоге на имущество физических лиц в Санкт-Петербурге» (№ 643–109), Законом «О налоге на имущество организаций» (№ 684–96) | | |
| Налоговая база в Санкт-Петербурге | Кадастровая стоимость объекта налогообложения | |
| Пределы налоговой ставки (min/max) | 0,1–0,2 % – для физ. лиц 1,25 % – для юр. лиц 2 % – для объектов налогообложения, кадастровая стоимость которых превышает 300 000 000 руб. | 0,1 % – для физ. лиц 1,25 % – для юр. лиц 2 % – для объектов налогообложения, кадастровая стоимость которых превышает 300 000 000 руб. |
| Льготы | Да | Нет |

Помимо определения и юридического статуса в законодательстве также не установлены минимальные нормы площади данного вида имущества. Так, согласно приказу Минкультуры России от 11.07.2014 № 1215 при классификации гостиниц или иных средств размещения было установлено, что «апартамент» – это номер в средстве размещения площадью не менее 40 кв.м., состоящий из двух и более комнат (гостиной/столовой/и спальни) с кухонным уголком [4]. Однако, как показывает анализ рынка апартаментов города Санкт-Петербурга в 2019 году, площадь апартаментов варьируется от 15 кв. м до 334 кв. м (рис. 1 и рис. 2).

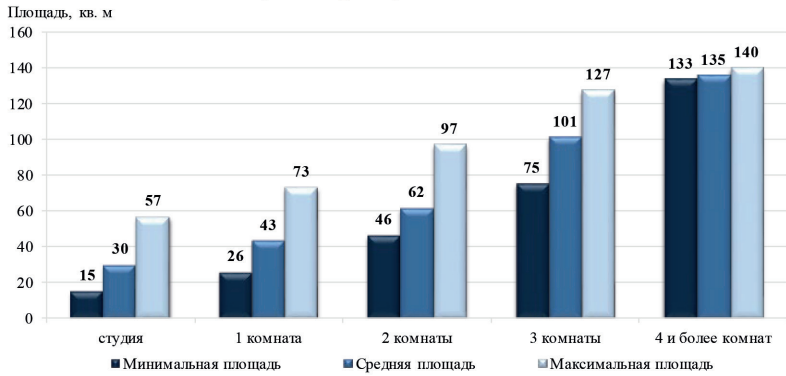


Рис. 1. Обзор первичного рынка апартментов Санкт-Петербурга в 2019 году

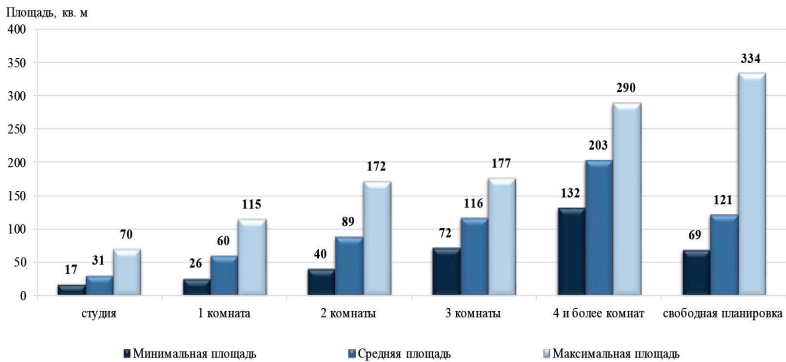


Рис. 2. Обзор вторичного рынка апартментов Санкт-Петербурга в 2019 году

Количество комнат также различно: на рынке представлены апартменты как формата студии, так и многоквартирные и многоуровневые помещения, а также помещения со свободной планировкой.

При этом все многообразие помещений, которые представлены на рынке Санкт-Петербурга, можно условно разделить на 2 большие группы: сервисные и несервисные апартменты. Сервисные

(или апартаменты гостиничного типа) представляют собой нежилые помещения, которые продаются на рынке как готовый инвестиционный проект и для сдачи его в аренду). Несервисные апартаменты максимально приближены к квартирам элит-класса. Однако обычно апартаменты стоят дешевле, чем сопоставимые квартиры: однокомнатные в среднем на 15%, а двухкомнатные – примерно на 20%. Максимум апартаменты дешевле квартир на 30%, но это, как правило, касается эконом-класса без отделки. [5]

В настоящее время все объекты недвижимого имущества, сведения о которых зарегистрированы в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН), подлежат государственной кадастровой оценке (далее – ГКО). Оценка проводится только в соответствии с официальными данными, которые зарегистрированы в Росреестре. Законодательных актов, регулирующих и устанавливающих правовой статус понятия «апартаменты», на сегодняшний день нет. Единственное упоминание в нормативных актах понятия «апартаменты» – категория номеров в классификации гостиниц: «сюит», «апартамент», «люкс», «джуниор сюит», «студия» (Приложение №3 к Положению о классификации гостиниц, утв. Постановлением Правительства РФ от 16.02.2019 № 158) [6].

В связи с отсутствием такого понятия и типа недвижимости как «апартаменты» в российском законодательстве, с юридической точки зрения они ничем не отличаются от нежилых помещений, которые могут использоваться владельцем в коммерческих целях.

Так, в результате определения кадастровой стоимости нежилых объектов капитального строительства (ОКС) и нежилых помещений в 2018 году основным методом являлся затратный подход, который основан на определении затрат, необходимых для приобретения, воспроизводства или замещения объекта недвижимости.

Кадастровая стоимость нежилых помещений, располагающихся в апарт-комплексах оценивалась без учета их местоположения в родительском объекте. Учитывались только затраты на замещение здания с учетом физического износа. Стоимость помещений

рассчитывалась по УПКС родительского объекта. Вид функционального использования помещений, расположенных в нежилых зданиях, принимался таким же, как и у родительского объекта. Расчет кадастровой стоимости Объектов, включенных в группу, производился по формуле:

$$УКС=УПКС_{(род_об)},$$

где УКС – удельный показатель кадастровой стоимости Объекта оценки, руб./кв. м; УПКС_род_об – кадастровая стоимость родительского объекта (здания) с учетом физического износа, определенная в рамках затратного подхода, в расчете на 1 кв. м общей площади «родительского» объекта, руб./кв. м. [7].

В результате чего кадастровая оценка апартamentов, предназначенных для проживания, не соответствует действительности. В первую очередь это связано с различными ценообразующими факторами для коммерческих и жилых помещений.

Согласно обзору рынка аналитического агентства *Knights Frank St Petersburg*, в I полугодии 2019 года в Санкт-Петербурге и области в продаже находилось рекордное количество апартamentов – 11,7 тыс. юнитов. Этот показатель достиг максимума за весь период реализации апартamentов на рынке [8] (рис. 3).

| | Сервисные апартamentы | | Несервисные апартamentы | | Рекреационные апартamentы | |
|---|-----------------------|----------|-------------------------|----------|---------------------------|----------|
| | Показатель | Динамика | Показатель | Динамика | Показатель | Динамика |
| Количество проектов, шт. | 18 | -10%* ▼ | 9 | 13%* ▲ | 8 | 0%* = |
| Предложение апартamentов, шт. | 9 886 | 160%* ▲ | 706 | 51%* ▲ | 766 | -13%* ▼ |
| Количество проданных апартamentов, шт. | 1 746 | 42%** ▲ | 262 | -23%** ▼ | 168 | -55%** ▼ |
| Средневзвешенная цена предложения, тыс. руб./м ² | 140 | 1%** ▲ | 145 | 7%** ▲ | 157 | 8%** ▲ |

* По сравнению с итогами 2018 г.

** По сравнению с I полугодием 2018 г.

Источник: Knight Frank St Petersburg Research, 2019

Рис. 3. Основные показатели рынка апартamentов в I полугодии 2019 г.

Из вышесказанного следует, что при проведении будущей ГКО в Санкт-Петербурге (2020 год) количество апартаментов по сравнению с ГКО 2018 года увеличится в несколько раз. Таким образом, следует разработать методику расчета кадастровой стоимости, которая будет учитывать уникальные характеристики данного вида объектов недвижимого имущества.

Литература

1. Жилищный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 29.12.2004 № 188-ФЗ // СПС КонсультантПлюс (дата обращения 11.03.2020)
2. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 05.08.2000 № 117-ФЗ // СПС КонсультантПлюс (дата обращения 11.03.2020)
3. Закон Санкт-Петербурга от 26.11.2014 № 643-109 «О налоге на имущество физических лиц // СПС КонсультантПлюс (дата обращения 11.03.2020)
4. Об утверждении порядка классификации объектов туристской индустрии, включающих гостиницы и иные средства размещения, горнолыжные трассы и пляжи, осуществляемой аккредитованными организациями [Электронный ресурс]: Приказ Минкультуры России от 11.07.2014 № 1215 СПС КонсультантПлюс (дата обращения 11.03.2020)
5. Квартира vs апартаменты// [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sian.ru/stati-kvartira-vs-apartamenty-283190/> (дата обращения: 11.03.2020)
6. Об утверждении положения о классификации гостиниц [Электронный ресурс]: Постановление Правительства от 16.02.2019 № 158 СПС// КонсультантПлюс (дата обращения 11.03.2020)
7. Отчет об определении кадастровой стоимости объектов недвижимости на территории Санкт-Петербурга (том 3), 2018 год
8. Рынок апартаментов // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.knight-frank.ru/research/rynok-apartamentov-sankt-peterburg-i-polugodie-2019-goda-6586.aspx?search-id=a683e00e-6e2f-45a8-9356-e815eece2310b&report-id=1276&rank=2> (дата обращения: 11.03.2020)

УДК 528.442

Ирина Николаевна Яковлева, студент
Оксана Олеговна Гожва, студент
Надежда Владимировна Морозова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ya.irushaa@mail.ru
darlinglive@mail.ru
Milia_01@mail.ru

Irina Nikolaevna Yakovleva, student
Oksana Olegovna Gozhva, student
Nadezhda Vladimirovna Morozova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ya.irushaa@mail.ru
darlinglive@mail.ru
Milia_01@mail.ru

СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАДАСТРОВЫХ ОШИБОК

MODERN CLASSIFICATION OF CADASTRAL ERRORS

В данной научной статье рассмотрены вопросы, связанные с кадастровыми ошибками, а также их классификацией, источниками возникновения и способами устранения. Тема кадастровых ошибок актуальна ввиду большого количества ошибок в сведениях Единого государственного реестра недвижимости. Сталкиваясь с кадастровыми ошибками, граждане в полной мере не понимают, каким образом следует действовать и как ее устранить, ведь на данный момент каждая кадастровая ошибка — это уникальный случай, но, разобрав сущность и причины возникновения таких ошибок, можно предотвратить их появление. Также в статье приведены виды ошибок, установленные законодательством.

Ключевые слова: Кадастровая ошибка, государственный кадастровый учет, земельный участок, единый государственный реестр недвижимости, техническая ошибка, реестровая ошибка.

This scientific article discusses issues related to cadastral errors, as well as their classification, sources of occurrence and methods of elimination. The topic of cadastral errors is relevant due to the large number of errors in the information of the Unified State Register of Real Estate. Faced with cadastral errors, citizens do not fully understand how to act and how to eliminate it, because at the moment, every cadastral error is a unique case, but by analyzing the nature and causes of such errors, they can be prevented. The article also describes the types of errors established by law.

Keywords: Cadastral error, state cadastral registration, land, unified state register of real estate, technical error.

Качество кадастровых данных выражается через базовые свойства информации: актуальность, достоверность, точность и полноту. Реформы последних двух десятилетий в области земельно-кадастровых отношений привели к потере указанных свойств и накоплению значительного количества ошибок в кадастровых сведениях. Анализ деятельности органа кадастрового учета (далее – ОКУ) показал актуальность использования механизмов обнаружения ошибок в кадастровых сведениях, реализуемых за счет передовых технологий в ГИС-системах. Между тем недостаточная проработка алгоритмов исправления выявленных ошибок, отсутствие четкого понятийного аппарата, критериев ошибочности сведений, систематизации многообразия ошибок в кадастровых сведениях значительно снижает эффективность работ по обнаружению и исправлению ошибок.

При предоставлении или изъятии земельных участков, необходимы сведения из Единого государственного реестра недвижимости. При изъятии земельного участка, необходимы сведения о границах, местоположении земельного участка (ЗУ), а также сведения о собственнике, чтобы понимать, кому присылать извещение об изъятии. Как уже было сказано в работе, может возникнуть ситуация, когда, ввиду отсутствия информации о границе ранее учтенного ЗУ в ЕГРН и отсутствия его фактических границ на местности, на месте такого участка могут установить трассу, и обладатель прав на земельный участок не сможет отстоять в суде свой земельный участок, т.к. скорее всего при строительстве трассы он будет перераспределен. Или, к примеру, границы соседних земельных участков пересечены, то при изъятии земельного участка потребуются работы по исправлению реестровой ошибки, для того что бы определить, кому компенсировать убытки. Увеличиваются не только сроки, но стоимость работ по изъятию. Это говорит о том, что процесс изъятия и предоставления ЗУ осложняют реестровые ошибки.

Изначально, реестровая ошибка называлась кадастровой. Определение – «кадастровая ошибка», возникло в 2007 году с вступлением Закона «О государственном кадастре недвижимости» –

началось формирование единого государственного кадастра недвижимости [7].

В 2015 году «кадастровая ошибка» стала «реестровой ошибкой», в связи с тем, что Единый государственный реестр недвижимости сменил кадастр недвижимости на основании 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [4].

На сегодняшний день 218-ФЗ выделяется несколько видов ошибок в реестровых сведениях, они представлены на рис. 1. [4].



Рис. 1. Виды ошибок, установленные законодательством

Как уже было сказано, реестровые ошибки могут быть допущены в ходе проведения кадастровых работ. Результатом деятельности кадастрового инженера относительно земельных участков является межевой план, который формируется для кадастрового учета земельного участка и регистрации права на него, т. е. с помощью межевого плана вносятся сведения о земельном участке в ЕГРН [5]. Дефекты (ошибки) в основных сведениях, могут повлечь притязания со стороны лица, чьи права были ущемлены. Поэтому, необходимо рассмотреть этапы выполнения кадастровых работ, чтобы определить, что же является причиной возникновения земельных споров.

Предложенные законом виды ошибок являются основанием для формирования технического или межевого плана по исправле-

нию соответствующей ошибки. Но данная классификация не дает возможности определить природу этих ошибок, что позволило бы не только их исправить, но и устранить причины их возникновения.

Кроме классификации, выделяемой законом, многими авторами была выделена классификация, которая подразделяет ошибки следующим образом [3,4,6,9]: по источникам ошибок; по типу данных, в которых содержится ошибка; по возможным последствиям исправления. Классификация представлена на рисунке 2. Данная классификация изложена в трудах авторов достаточно подробно, но в связи с ее большим объемом, применение такой классификации на практике затруднительно.

Также современной литературой предложена классификация по причинам возникновения реестровых ошибок [9]:

- 1) ошибки, возникшие при конвертации данных при использовании нескольких информационных систем;
- 2) ошибки, возникшие при использовании неточной информации в процессе штатного использования информационной системы пользователями;
- 3) ошибки, возникшие при внесении изменением законодательстве;
- 4) ошибки, возникшие с применением неоднозначно изложенной методологией.

Представленная классификация по причинам возникновения реестровых ошибок наиболее практична в использовании, но нуждается в доработке, потому как представлены не все причины возникновения ошибок в реестровых данных.

Для эффективного выявления специалистом или органом кадастрового учета причин появления ошибки необходимо конкретизировать классификацию ошибок реестровых данных, которая предложена современным законодательством. Это позволит контролировать кадастровую деятельность в виде статистических отчетов, на основании которых будут выявлены частые причины появления ошибок. Такая статистика позволит сформировать механизм устранения и упразднения реестровых ошибок.

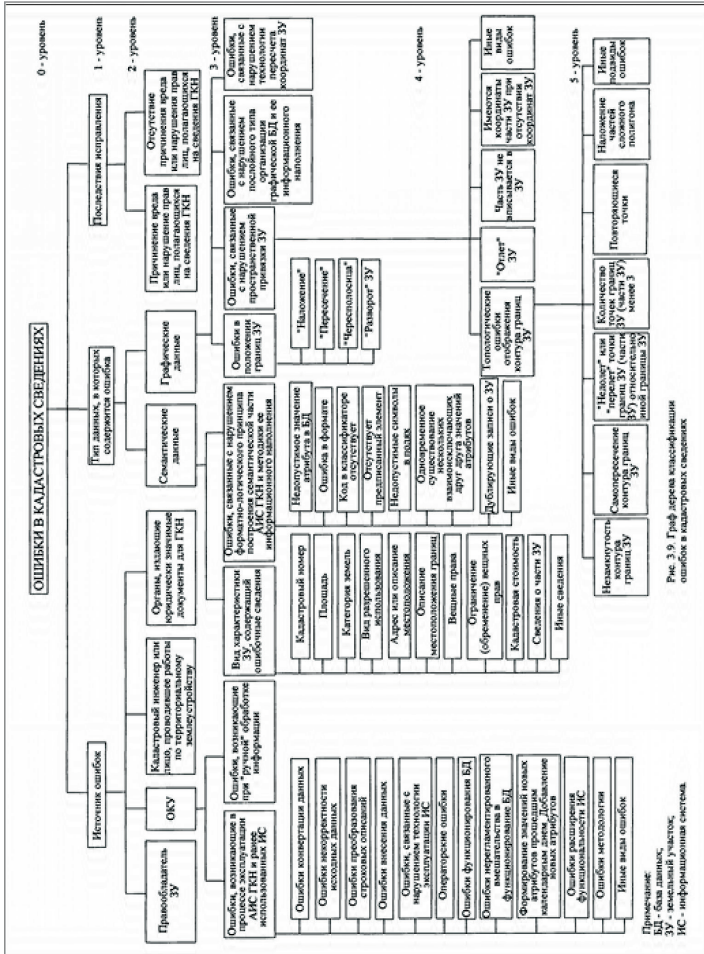


Рис. 3.9 Типы и классификация ошибок в кадастровых сведениях

Рис. 2. Классификация ошибок по источникам ошибок; по типу данных, в которых содержится ошибка; по возможному последствием исправления

Необходимо расширить классификацию ошибок, предложенную законом, следующим образом, основываясь на причинах возникновения таких ошибок:

1. Логические ошибки – нарушения закономерности или последовательности формальной логики в процессе изготовления кадастровой документации объекта недвижимости (технического плана, межевого плана, акта обследования), например, следующие ошибки:

- описка, опечатка в текстовой или графической части межевого плана (далее – МП), технического плана (далее – ТП) и текстовой части акта обследования [1];
- кадастровые номера объекта недвижимости указаны в XML файле МП, ТП, акте обследования с ошибками (указаны лишние цифры, двоеточия) [3].

2. Ошибки правового характера – ошибки, полученные в следствии отступления от требований, установленных органом нормативно-правового регулирования при подготовке межевого плана, технического плана и акта обследования:

- адрес объекта капитального строительства, указанный в ТП, не соответствует адресу земельного участка, в пределах которого расположен, при этом в разделе «Заключение кадастрового инженера» ТП соответствующая информация не приведена [1];
- форма Акта согласования местоположения границ земельного участка не соответствует требованиям: не включены сведения о заинтересованном лице, являющемся правообладателем земельного участка, имеются незаверенные подчистки, приписки, зачеркнутые слова [1].

3. Ошибки технического характера – ошибки, полученные в результате использования оборудования и исходных материалов, качество которых не соответствуют установленным стандартам и требованиям; ошибки, полученные в ходе отклонения от стандартных методов кадастровой деятельности:

- границы формируемого земельного участка имеют наложение границ с ранее учтенным земельным участком [5];

- разрыв или нестыковка границ земельных участков (чересполосица).

4. Ошибки информационного характера – ошибки в информационном ресурсе:

- сведения об ОН в МП, ТП не соответствуют сведениям об объекте недвижимости, содержащимся в ЕГРН [43];
- дублирование кадастрового номера в ЕГРН [4].

Проводя аналогию с ошибками измерений, по природе возникновения, кадастровые ошибки также могут быть случайными, грубыми и систематическими. Случайные ошибки «неизвестны для конкретного результата измерения», они зависят от исправности использованного оборудования, опыта кадастрового инженера, несоблюдения норм по охране труда и прочее. Исключить случайные ошибки можно путем тщательной и многократной проверки МП, ТП и акта обследования перед их подписанием квалификационной подписью кадастрового инженера. К случайным ошибкам, в основном, можно отнести логические (описки, опечатки).

К грубым относятся ошибки, возникающие вследствие осознанного нарушения требований и норм права к выполнению кадастровых работ, использования неисправного геодезического оборудования и прочее. Контроль за ходом выполнения кадастровых работ позволит выявить и устранить данный вид ошибок [7].

Систематические ошибки – результат влияния на кадастровые работы одного или нескольких факторов, могут быть выражены функциональной зависимостью между факторами и совершаемыми ошибками. Для определения и исключения систематических ошибок, необходимо найти данную функциональную зависимость.

Наличие ошибок в реестровой информации является причиной возникновения следующих проблем:

1. Занижение или завышение налогооблагаемой базы объекта недвижимости (далее – ОН). Например, при исправлении реестровой ошибки, может поменяться площадь земельного участка, происходит доначисление по налогам инспекцией ФНС, на что не рассчитывает владелец земельного участка [5].

2. Нарушение прав собственников (пользователей) недвижимого имущества. Нарушением прав может являться приостановление или отказ в осуществлении кадастрового учета, например, если произошло наложение границ смежных участков, при том, что геодезические измерения были выполнены качественно. Это говорит о существующих ошибках в сведениях о положении соседнего земельного участка [3]. В данном случае стоимость и срок выполнения кадастровых работ увеличиваются, так как помимо формирования межевого плана, необходимо создавать межевой план на исправление кадастровой ошибки, что идет в убыток заказчику работ, т. е. собственнику (пользователю) земельного участка.

Если кадастровый инженер получает приостановку государственного кадастрового учета в связи с нарушением требований, установленных к форме и содержанию межевого плана (т. е. в межевом плане была обнаружена ошибка), он может воспользоваться предложенной в данной работе классификацией реестровых ошибок, которая разделяет ошибки на следующие:

- Логические ошибки;
 - Ошибки правового характера;
 - Ошибки технического характера;
 - Ошибки информационного характера.
- Данная классификация позволит кадастровому инженеру определить, на каком этапе были допущены нарушения, какой процесс нужно наладить, какие знания подтянуть и какие разделы межевого плана – проконтролировать перед подачей данного документа в Росреестр. Это сделает кадастровые работы надежнее и эффективнее.

Литература

1. О государственной регистрации недвижимости [Электронный документ]: [федер. закон: принят Гос. Думой 3 июля 2015 г.: одобр. Советом Федерации 8 июля 2015 г.]. (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_18_2661/). Проверено 19.03.2020.

2. *Майборода В. А.* Профилактика земельных споров как элемент стратегического планирования развития муниципального района // Муниципальная служба: правовые вопросы. – 2016. – №4. – С. 25–29.

3. *Мочалов А. Н., Коровина И. А., Дуров А. И.* О функциях юридических клиник в России // Вестник Уральского института экономики, управления и права. – 2010. – №1. – С. 5–12.

4. О мерах, направленных на снижение ошибок КИ [Электронный документ]: Письмо Росреестра от 19 дек. 2017 г. №19-15010-ВС/17 (https://e.mail.ru/attachment/1516620596000000510/0;1?x-email=koval_79%40mai.l.ru). Проверено 19.03.2020.

5. *Железнов С. В.* Ошибки в государственном кадастре недвижимости. Чем опасны и как их исправить // Юрист компании. – 2016. – №11. – С. 49–53.

6. Геодезия: обработка результатов измерений: Учебное пособие. – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: издательский центр «МарТЧ», 2006. – 288 с.

7. Об утверждении формы и состава сведений межевого плана, требований к его подготовке. [Электронный документ]: [Приказ: утв. Минэкономразвития РФ от 08 дек. 2015 г. № 921: ред. от 14 дек. 2016 г.]. (<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71212176/#ixzz5j6b9nZAe>). Проверено 18.03.2020.

8. *Варламов А. А., Гальченко С. А., Аврунев Е. И.* Кадастровая деятельность. – М.: Форум, 2015. – 256 с.

9. *Синенко В. А.* Выявление технических ошибок в сведениях кадастра недвижимости // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №11 (24). С. 397–404. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/sinenko-v-a> (дата обращения 17.03.2020).

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

УДК 628.6.

Ирина Николаевна Абакук, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: abakuk2018@yandex.ru

Irina Nikolaevna Abakuk, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: abakuk2018@yandex.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИЙ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ СНЕГОТАНИЯ И АНТИОБЛЕДЕНЕНИЯ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF IMPROVEMENT OF TERRITORIES USING SYSTEMS OF SNOWING AND ANTI-ICE-DECKING OF COVERINGS OF DIFFERENT PURPOSES

В данной статье рассматриваются технологические решения благоустройства территорий с помощью систем снеготаяния и антиобледенения покрытий различного назначения. Анализируются причины устройства, принцип работы, различные методы и способы установки таких систем. Несмотря на то, что название кажется очевидным, их основная функция заключается вовсе не в растапливании сугробов. Ряд основных неудобств представляет не снежный покров, а наледь, которая образуется при его медленном таянии. На покрытиях возникновение тонкого слоя льда происходит достаточно быстро, именно в таких случаях возможность поддерживать положительную температуру конструкций дорожных одежд оказывается необходимой. Источником тепла в системах снеготаяния служат электрические или подключенные к теплово-му узлу нагреватели. Подогрев уличных площадок, пешеходных и транспортных кажется энергозатратным. В действительности, потребляемая мощность составляет около 70–400 Вт/ч на 1 м², а нагрев осуществляется постоянно, пиковая мощность может быть снижена организацией попеременной работы нагревательных элементов на разных участках.

Ключевые слова: благоустройство территорий, система снеготаяния и антиобледенения, покрытия различного назначения, конструкции дорожных одежд, источник тепла.

This article discusses technological solutions for landscaping using snow melting and anti-icing systems for various purposes. The causes of the device, the principle of operation, various methods and methods of installing such systems are analyzed. Despite the fact that the name seems obvious, their main function is not to melt snowdrifts at all. A number of major inconveniences are not snow cover, but the ice that forms when it slowly melts. On coatings, the emergence of a thin layer of ice occurs rather quickly, and it is in such cases that the ability to maintain a positive temperature of pavement structures is necessary. The heat source in snow melting systems is electric heaters or heaters connected to a thermal unit. Heating street venues, pedestrians and vehicles seems energy-intensive. In fact, the power consumption is about 70-400 W / h per 1 m², and heating is not constant, the peak power can be reduced by organizing alternate operation of the heating elements in different areas.

Keywords: land improvement, snow melting and anti-icing system, coatings for various purposes, pavement designs, heat source.

В настоящее время в городах все больше уделяется внимание благоустройству. Создаются новые методы и технологии по улучшению придомовых и городских территорий, территорий парков, детских садов и школ. Так в современном строительстве возникло технологическое решение проблем, связанных с скоплением большего количества снега и образования наледи в местах, где происходят передвижения транспорта и людей, с помощью систем снеготаяния и антиобледенения. Стандартные методы очистки покрытий от снежного покрова повреждают верхний слой конструкций дорожных одежд и уменьшают их срок эксплуатации. Поэтому решение данных вопросов является актуальной темой на сегодняшний день [1].

Система снеготаяния и антиобледенения имеет широкий спектр применения: дорожки, лестницы, террасы, въездные группы в гараж, вертолетные площадки, футбольные поля, тротуары, плоские кровли и т.д. и используется на объектах различного назначения:

1. Частные дома – система монтируется на пешеходных дорожках, подъездах;

2. Жилые дома – система монтируется во внутренних дворах, атриумах, подъездах к гаражам, на пешеходных дорожках;

3. Промышленные предприятия – система монтируется в местах подъезда, погрузки-выгрузки транспорта;

4. Общественные места – система монтируется под пешеходными улицами, стадионами, автостоянками и т. п. [2].

Рассматриваемая система может быть двух видов: электрическая и жидкостная, которая в свою очередь делится на систему на основе труб и на модельную систему. Каждая направлена на таяние снега и льда под действием тепла, но обе имеют разные условия применения, сравнение двух видов систем представлено в табл. 1 [3].

Исходя из данных таблицы можно сделать вывод, что применение электрических систем выгодно при небольших площадях покрытия. В остальных случаях дешевле использовать жидкостную систему, даже несмотря на достаточно большое количество материалов.

У таких систем существует ряд преимуществ:

- Система снеготаяния защищает конструкции дорожных одежд открытых площадок, тротуаров, автостоянок и дорог от воздействия атмосферных осадков при низких температурах воздуха в зимнее время.

- Конструкция способна в режиме автоматической регулировки поддерживать различные территории в чистоте.

- Отсутствие снега и наледи на уличных площадях в значительной степени понижает число случаев травматизма пешеходов, предотвращает заносы автотранспортных средств,

- Также облегчает задачу по очистке и эксплуатации уличных территорий для сотрудников коммунальных предприятий и увеличивает срок службы дорожного покрытия.

- Модульные системы жидкостных теплообменных панелей могут также использоваться летом для сбора солнечной тепловой энергии с дорожного покрытия, идущей затем на обогрев воды для бытовых либо промышленных целей.

Таблица 1

Сравнительная таблица

| Сравнительные характеристики | Электрическая система | Жидкостная система |
|-------------------------------|---|--|
| Площадь укладки | 1 м ² | 1 м ² |
| Потребляемая мощность | 200–400 Вт/м ² | 70–120 Вт/м ² |
| Шаг укладки | Минимальный шаг укладки кабеля составляет 60 мм Максимальный шаг укладки кабеля составляет 125 мм | При укладке трубы 17 мм, рекомендуемый шаг между трубами – 150 мм; При укладке трубы 20 мм – 200 мм; При укладке трубы 26 и 32 мм – 250 мм |
| Длина нагревателя | Зависит от вида кабеля (выбирается исходя из удельной мощности) и рассчитывается по формулам. В среднем от 8 м до 100 м | При диаметре трубы 17 мм – 60 м, При диаметре трубы 20 мм – 90 м, При диаметре трубы 26 мм – 130 м, При диаметре трубы 32 мм – 180 м |
| Заземляющий контур | Нужен | Не нужен |
| Использование в летний период | нет | Возможен при модульных системах |

В электрических системах снеготаяния основой является экранированный низкотемпературный нагревательный кабель. В период снегопада включается электроподогрев и температура поверхности поднимается до нуля градусов Цельсия и выше, это в свою очередь приводит к отсутствию снега и обледенения покрытия. Кабельные системы достаточно долговечные в работе (40–50 лет).

Они включают в себя автоматизированное управление, т. е. система датчиков передает данные о погодных условиях в терморегулятор, в случае возникновения наледи он включает систему обогрева. Также важным элементом конструкций дорожных одежд при использовании электрических систем является армирующая металлическая сетка. [4]

Принцип работы жидкостной системы на основе труб заключается в следующем: датчики, которые вмонтированы в уровень с чистовым покрытием, передают сигнал на специальный модуль, который включает или выключает систему. Данная система подключается к источнику тепла через теплообменный узел.

Для небольших площадей и труб диаметром 17 и 20 мм используются те же самые коллекторы, что и для стандартной системы отопления. Для больших площадей, труб диаметром 26 и 32 мм, используются коллекторы из полиэтиленовых труб, с отводами на расстоянии 0,5 м. В системе применяется незамерзающий теплоноситель для систем отопления, например, раствор этиленгликоля. Концентрация рассчитывается соответственно расчетной температуре на улице и рекомендациям производителя. Как правило, это 20–50% раствор. Этиленгликоль классифицируется как токсичное вещество, если использование такого вещества недопустимо, его можно заменить на пропиленгликоль. [2]

При установке теплообменника система снеготаяния может быть смонтирована как закрытой - с установкой предохранительного клапана и мембранного расширительного бака, так и открытой – с открытым баком в верхней точке системы и клапаном перелива в канализацию, т. к. в данном случае ограничений по попаданию кислорода в теплоноситель нет. Закрытая система является более предпочтительной, с точки зрения того, что этиленгликоль может испаряться. Кроме того, такую систему легче обслуживать. Тем не менее, при желании систему можно сделать открытой – это решение немного дешевле и проще. В принципе, система снеготаяния мало чем отличается от обычной системы отопления. При закрытой системе с мембранным расширительным баком достаточно

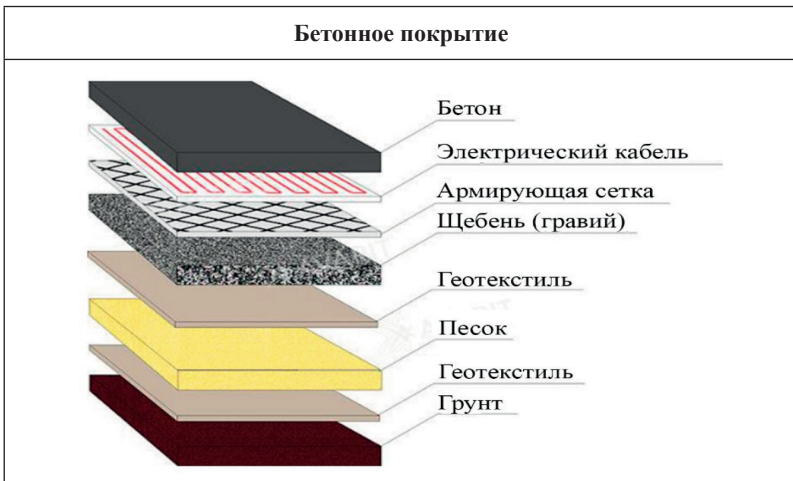
поддерживать давление 0,5–0,8 бар, в открытой же системе давления нет, необходимо лишь следить за уровнем жидкости в открытом расширительном баке. [2]

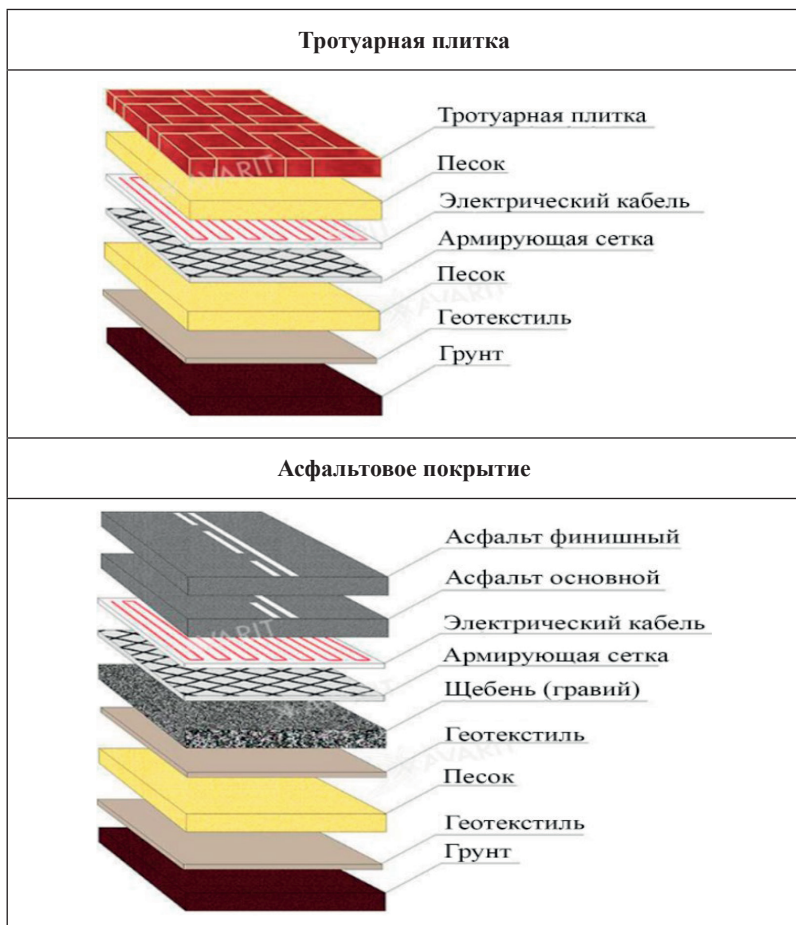
Принцип работы жидкостных модульных систем такой же как на основе труб, только представляет собой модульную сеть термопанелей. Они изготовлены из гибкого полимера (или из синтетического каучука), внутри циркулирует смесь, которая состоит из пропиленгликоля и горячей воды (температуры нагрева жидкости 16-60 °С). Модульные панели распределяют равномерно тепло по всей площади покрытия и имеют большое преимущество: они могут использоваться летом в качестве накопителя солнечной тепловой энергии дорожного покрытия, которую может использовать в бытовых или промышленных целях. [5]

Система снеготаяния и антиобледенения имеет разные условия по монтажу в зависимости от назначения. Виды покрытий и схемы установки систем приведены в табл. 2 и в табл. 3.

Таблица 2

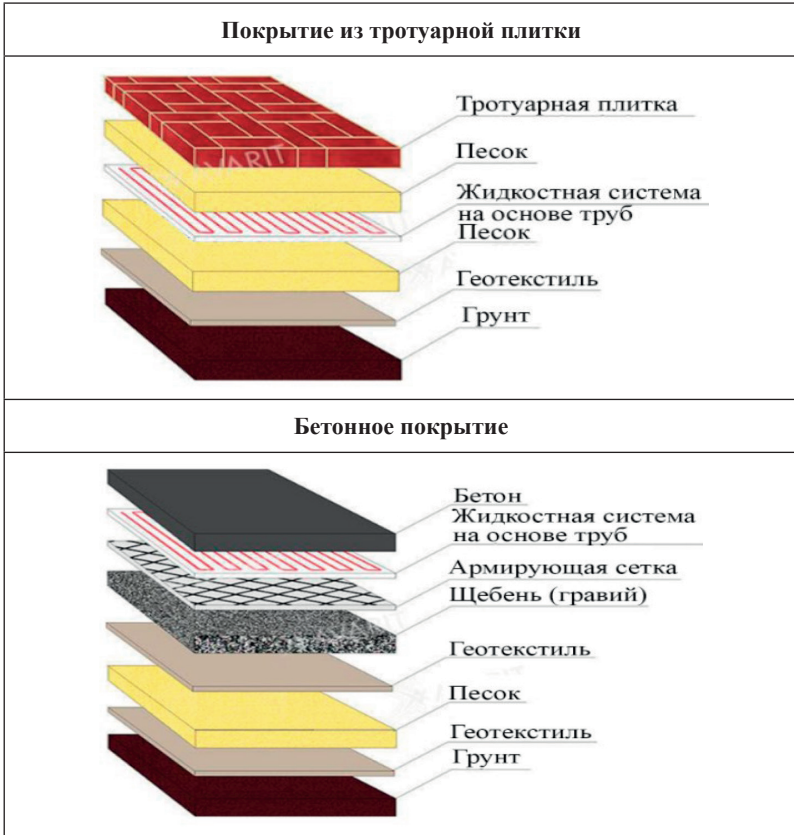
**Виды покрытий и схемы установки
электрического кабеля**

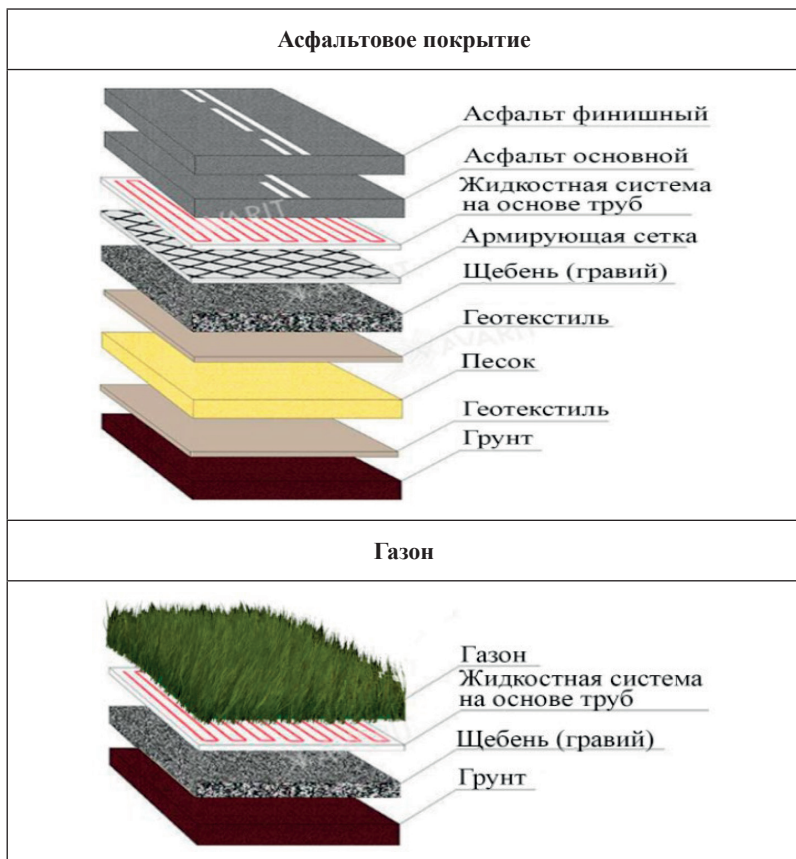




Примечания: Перед монтажом асфальт охлаждают до 130–140°C. Если используемый кабель, который не выдерживает температуры 170–200 °С, то бетонный слой необходим. Он защитит кабель от повреждения горячим асфальтом. За исключением специализированного кабеля для промышленного обогрева.

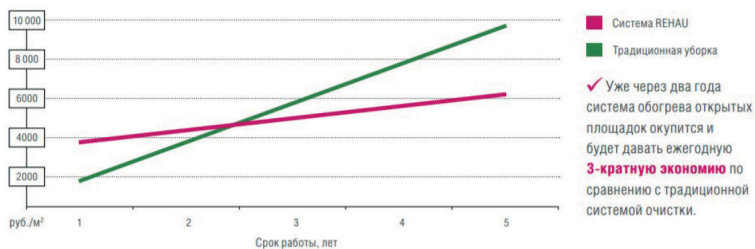
**Виды покрытий и схемы установки
жидкостной системы**





Опыт внедрения таких технологических решений по благоустройству территорий говорит о том, что системы снеготаяния и антиобледенения достаточно сокращают расходы на уборку и вывоз снега и увеличивают срок службы эксплуатации покрытия. Приблизительные расчеты на эксплуатацию на примере труб производства RENAУ приведены на рисунке.

| Инвестиции в установку системы обогрева открытых площадок REHAU, руб./м ² | | Эксплуатационные затраты, руб./м ² в год | | | |
|--|-------------|---|-------------|--|------------|
| Стоимость системы REHAU | | Традиционная система очистки | | Система обогрева открытых площадок REHAU | |
| Греющие трубы REHAU RAUTHERM S и их укладка на арматурной сетке REHAU | 1065 | Механическая уборка территории | 50 | Тепловая энергия | 583 |
| Распределительный коллектор и его установка | 75 | Ручная уборка | 30 | | |
| Тепловой пункт, его установка и пусконаладка | 155 | Соль и реагенты | 48 | | |
| Антифриз | 70 | Погрузка, вывоз и утилизация снега | 1780 | | |
| Замена дорожного покрытия | 2214 | | | | |
| ИТОГО | 3579 | ИТОГО | 1908 | ИТОГО | 583 |



Вывод: технологические решения по благоустройству территорий с помощью систем антиобледенения и снеготаяния помогают устранить ряд проблем, связанных с чисткой снега и образования наледи. Увеличивают эксплуатацию покрытий различного назначения, сокращают использование реагентов и обеспечивают безопасное передвижение на пешеходных коммуникациях и транспортных путях.

Литература

1. Системы антиобледенения. Издательство: НТС «Стройинформ». 2007. 5,6 с.
2. Техническая документация. Система снеготаяния и обледенения. URL: <https://tigrohause.ru/> (Дата обращения: 30.03.2020)
3. Системы снеготаяния. URL: <https://nevaks.ru/> (Дата обращения: 01.04.2020)
4. Ухин Д. В. Утилизация снежно-ледяных масс с дорожных покрытий с использованием низкопотенциальных источников теплоты. Воронеж, 2010. 11 с.
5. [Статья] Снеготаяние-тип снеготаяющего оборудования. URL: <https://electric-facilities.jp/denki4/loadheat.html> (04.04.2020)

УДК 697.3

Андрей Сергеевич Боровик, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: brvck.ndr@yandex.ru

Andrey Sergeevich Borovik, student
(St. Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: brvck.ndr@yandex.ru

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ИСПАРИТЕЛЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «ВОЗДУХ-ВОДА»

NUMERICAL SIMULATION OF HEAT EXCHANGE IN THE AIR-WATER HEAT PUMP EVAPORATOR

Представлено техническое решение применения теплового насоса «воздух-вода» для систем отопления «теплый пол» и горячего водоснабжения здания церкви «во имя Всемилостивого Спаса» в Санкт-Петербурге. Для оценки эффективности теплообмена в наружном блоке теплового насоса разработана геометрическая модель исследуемого объекта. Построена расчетная сетка, которая сгущается в окрестностях лопаток вентилятора и трубок испарителя. Численное моделирование процесса теплообмена выполнено в программе STAR-CCM+. Представлены результаты численного исследования теплообменных процессов в наружном блоке теплового насоса. На основании моделирования обоснована целесообразность применения теплового насоса для исследуемого объекта.

Ключевые слова: тепловой насос, воздух-вода, наружный блок теплового насоса, теплообмен, математическое моделирование, STAR-CCM+.

A technical solution is presented for the use of an air-water heat pump for underfloor heating systems and for hot water supply to the church building “in the Name of the All-Merciful Savior” in St. Petersburg. To evaluate the efficiency of heat transfer in the outdoor unit of the heat pump, a geometric model of the object under study is developed. A grid has been constructed that thickens in the vicinity of the fan blades and the evaporator tubes. The numerical simulation of the heat transfer process was performed in the STAR-CCM + program. The results of a numerical study of heat transfer processes in the outdoor unit of a heat pump are presented. Based on the simulation, the feasibility of using a heat pump for the object under study is substantiated.

Keywords: heat pump, air-water, heat pump outdoor unit, heat transfer, mathematical modeling, STAR-CCM +.

За последние годы наблюдается ярко выраженная тенденция к распространению применения тепловых насосов. Низкопотенциальная теплота, содержащаяся в возобновляемых источниках энергии, может быть извлечена посредством адиабатического расширения, изотермического расширения с отводом теплоты от более холодного элемента системы, адиабатического сжатия и изотермического сжатия с передачей теплоты более нагретому элементу системы и использована в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. В качестве источника тепловой энергии могут служить наружный воздух, водоёмы, грунт и грунтовые воды, а также одна из эксплуатируемых инженерных систем здания, например, вытяжная система, при этом в качестве потребителя этой теплоты – другая система, например, системы отопления и горячего водоснабжения.

В качестве исследуемого объекта принята система отопления и горячего водоснабжения с интегрированным тепловым насосом «*Jäspi Tehowatti Air*» в здании церкви «во имя Всемилоостивого Спаса», бывшая часовня «св. вмч. Иоанна Нового (Сочавского)». Принципиальная схема приведена на рисунке (рис. 1). В качестве резервного источника тепловой энергии предусмотрен встроенный электрический многоступенчатый котел мощностью 9 кВт с дублирующим его трёхступенчатым электрическим котлом – 8,5 кВт. Максимальное потребление электрической энергии при одновременной работе котлов – 18 кВт. Исходные данные для проектирования приведены для Санкт-Петербурга в таблице. Температура подаваемой воды на нужды горячего водоснабжения принята 45°C [1; 2]. Система отопления в здании – теплый пол с параметрами теплоносителя 50/40°C. Источником низкопотенциальной тепловой энергии служит наружный воздух.

Моделирование теплообмена наружного блока выполнено на основе исходных данных для вышеуказанного теплового насоса с использованием данных завода-изготовителя [3]. Геометрическая модель наружного блока теплового насоса построена в программном комплексе САПР «*SolidWorks*» для последующего импорти-

рования результатов в расчетный программный комплекс «STAR-CCM+» (рис. 2).

Исходные данные

| Температура наружного воздуха в холодный период года, °С | Температура наружного воздуха в теплый период года, °С | Средняя температура воздуха в помещениях, °С | Отапливаемая площадь здания, м ² | Тепловые потери здания, кВт |
|--|--|--|---|-----------------------------|
| -24 | 24 | 18 | 110,2 | 11,06 |

После экспорта модели заданы граничные условия наружного воздуха (табл.) и для подающего коллектора испарителя температура поступающего теплоносителя 10 °С. При создании расчетной сетки использован принцип сгущения в окрестности лопаток вентилятора и трубок испарителя. Окончательное количество ячеек расчетной сетки – 12382946 шт.

Результаты расчета представлены на рисунках (рис. 3–6). На рисунках (рис. 3 и 4) представлены поля скоростей и линии тока в окрестностях установки и непосредственно в вентиляторе. Обеспечена необходимая равномерность распределения, полученные численные значения скоростей движения воздуха.

На рисунке (рис. 5) представлены поля температур воздуха в наружном блоке теплового насоса, а на рисунке (рис. 6) – распределение температуры теплоносителя.

Температура теплоносителя на выходе из нижнего коллектора испарителя составляет в среднем 13 °С. Осредненная по поверхности температура воздуха в сечении после испарителя составляет 22,6 °С при первоначально заданной температуре воздуха в пространстве вокруг наружного блока 24 °С.

Выводы: Результаты моделирования демонстрируют правильную постановку задачи. Воздух после прохождения через испаритель – охлаждается, что свидетельствует о процессе теплообмена

между наружным воздухом, всасываемым вентилятором, и теплоносителем, циркулирующим в испарителе. Теплоноситель поступающий в подающий (верхний) коллектор, проходя через трубки, нагревается примерно на $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволяет обеспечить исходную тепловую нагрузку.

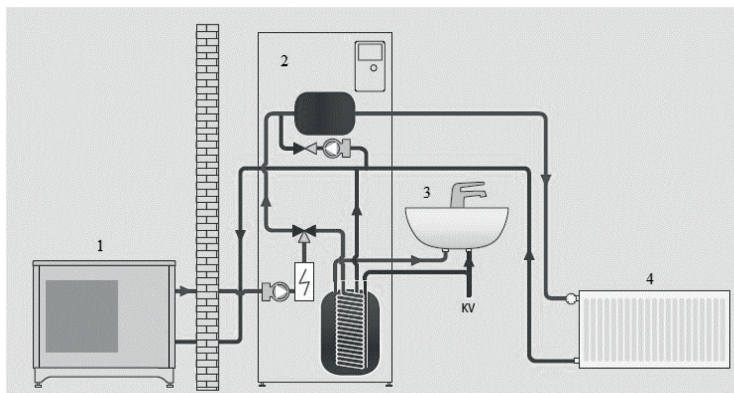


Рис. 1. Принципиальная схема системы с тепловым насосом «*Jäspi Tehowatti Air Nordic 16*». 1 – наружный блок «*Nordic*»; 2 – внутренний блок теплового насоса «*Tehowatti Air*»; 3 – система ГВС; 4 – отопительные приборы

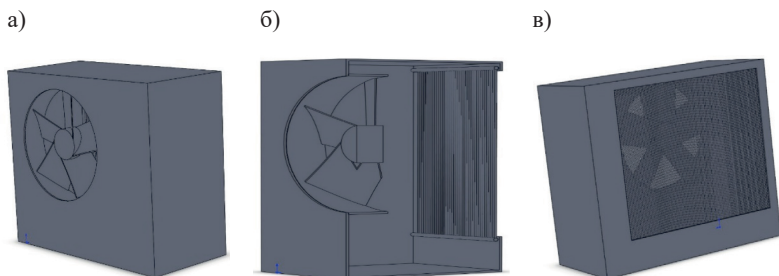


Рис. 2. Модель наружного блока, выполненная в программе «*SolidWorks*»: а) фронтальная сторона; б) разрез по оси вентилятора; в) тыльная сторона модели

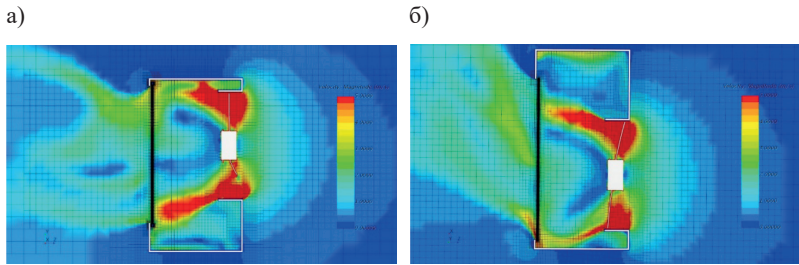


Рис. 3. Скаляр скорости движения воздуха: вертикальное сечение (а) и горизонтальное сечение (б)

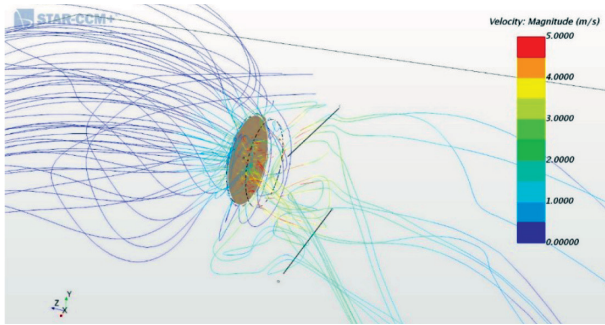


Рис. 4. Линии тока воздуха через плоскость всасывающей стороны вентилятора

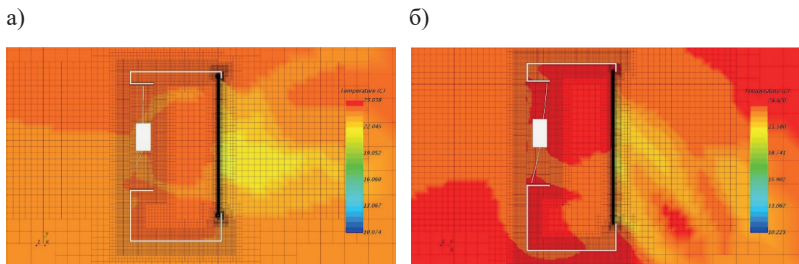


Рис. 5. Температура воздуха в вертикальной секущей плоскости (а) и в горизонтальной секущей плоскости (б)

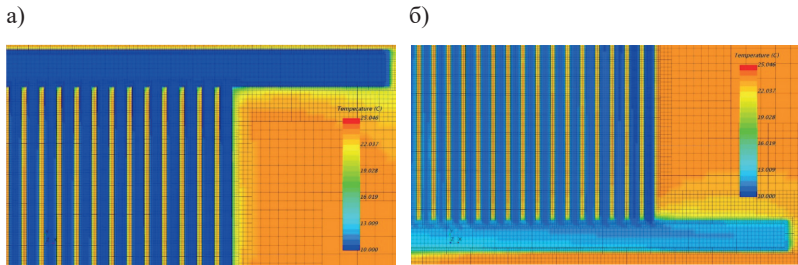


Рис. 6. Температура теплоносителя в верхнем подающем коллекторе (а) и нижнем коллекторе (б) испарителя

Литература

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2).
2. Михайлов С., Гусаров А., Говорин А. Подчинение стихии воздуха: тепловые насосы «воздух-вода» [Текст] / Михайлов С., Гусаров А., Говорин А. // СОК. – 2019. – № 205. – С. 64–65.
3. Jaspi Inverter Nordic Installer Manual. Air/water heat pump. Руководство по установке. JASPI.

УДК 697.7

Ольга Олеговна Ветрова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: start_girl97@mail.ru

Olga Olegovna Vetrova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: start_girl97@mail.ru

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА В Г. МОСКВА

USE EXAMINATION THE HEAT PUMP USAGE FOR ENGINEERING SYSTEMS OF A SHOPPING CENTER IN MOSCOW

В статье рассматривается воплощение системы отопления, вентиляции и кондиционирования на объекте торгового центра в России с использованием теплонаносных установок, использующие низкопотенциальную энергию грунта. Системы обеспечивают поддержание параметров микроклимата воздуха в пределах допустимых норм. Анализ данного объекта дает перспективу на будущее в применении альтернативных источников энергии. Необходимость использования возобновляемых источников тепловой энергии является отсутствие возможности подвода к объекту коммуникаций, а также в силу постоянного удорожания энергоресурсов. Чиллер системы холодоснабжения в режиме теплового насоса “выкачивает” из грунта требуемое количество теплоты в соответствии с расчетной частью. Установка функционирует в соответствии с энергосберегающими режимами.

Ключевые слова: теплонасосные установки, низкопотенциальная энергия грунта, микроклимат, альтернативные источники энергии, энергоресурсы, чиллер.

The article considers the implementation of heating, ventilation and air conditioning systems at the shopping center facility in Russia using heat-bearing installations that use low-potential ground energy. The systems ensure that the parameters of the air microclimate are maintained within the acceptable limits. The analysis of this object provides a perspective for the future in the use of alternative energy sources. The need to use renewable sources of heat energy is the lack of access to the object of communications, as well as due to the constant increase in the cost of energy resources. The chiller of the cooling system in the heat pump mode “pumps out” the required amount of heat from the ground in accordance with the calculated part. The unit operates in accordance with energy-saving modes.

Keywords: heat pump installations, low-potential ground energy, microclimate, alternative energy sources, energy resources, chiller.

Геотермальная энергетика способ превращения в энергию тепла, которое поднимается из расплавленных глубин земли, другими словами геотермальная энергетика, используется для нужд миллионов домов по всему миру. Она составляет 27% производственной энергии Филиппин и 30% Исландии. В современном мире тепловые насосы используются по всему миру. Количество произведённых и установленных тепловых насосов увеличивается с каждым годом. На долю Японии приходится 57 млн. штук, 13,5 млн шт. – США [1].

В последней, в рамках проекта глубокого бурения нашли целый клад подземного хранилища магмы.

Раскаленная магма мгновенно превратила закаченную воду в пар, 4500 С, что стало рекордом. Этот пар высотного давления увеличил выработку энергии в 10 раз. Поразительный результат, который должен привести к гигантскому скачку эффективности выработки геотермальной энергии по всему миру.

Геотермальная энергетика России начала свое развитие в 1966 году: именно тогда была построена первая такая электростанция. Развитие в России началось в 90-е годы. КПД геотермалки до 95 %. Было пробурено при социализме 3000 скважин глубиной до 5 км. Одна скважина в ценах сегодняшнего дня стоит порядка 10 млн евро. Более половины скважин пригодны для использования. Ресурсы геотермии – в пять раз больше, чем органического топлива.

Для анализа рассмотрим проектируемый торговый, офисно-гостиничный комплекс в г. Москва. Здание предназначено для обеспечения нужд широких слоев населения, сочетая в себе функцию организации торговли непродовольственными товарами. Торговый центр состоит из основных частей: стоянка для автомобилей, торговый зал, основные входные группы, вестибюль, зоны разгрузки, административные помещения, санузлы.

Температура наружного воздуха для района строительства Москва. В качестве расчетных, приняты следующие климатические условия по [2].

Для холодного периода года при проектировании системы отопления и вентиляции приняты следующие параметры:

- t_n (температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92): -25°C .
- $t_{\text{ср}}$ (средняя температура отопительного периода): $-2,2^{\circ}\text{C}$.
- $z_{\text{оп}}$ (средняя продолжительность отопительного периода): 205 дней.

Для теплого периода года при проектировании систем вентиляции принято: -температура 23°C .

Для теплого периода года при проектировании систем кондиционирования приняты: -температура 26°C .

Среднее барометрическое давление 997гПа .

Рациональность применения грунтовых тепловых насосов (ТН) должна быть определена в каждом конкретном случае на базе технико-экономического анализа с учетом наличия источника низкопотенциального тепла и принимая во внимание особенности региона их использования [3].

В качестве источника тепла/холода на нужды систем отопления, теплоснабжения воздушно-тепловых завес, вентустановок, холодоснабжения в здании торгового комплекса предусматривается индивидуальный тепловой пункт с группой тепловых насосов [4].

Для выработки тепла/холода предусматривается два тепловых насоса (Рисунок 1) типа “пропиленгликоль-вода” Tetris W Rev HP 34,3 производства фирмы Bluebox, суммарной тепловой мощностью 622 кВт , суммарной холодильной мощностью $685,8\text{ кВт}$ и суммарной максимальной потребляемой электрической мощностью $259,9\text{ кВт}$, использующие в качестве источника низкопотенциального тепла-грунт. Данный тип тепловых насосов выполняет съем низко потенциального тепла на основе грунтовых зонтов.



Рис. 1. Тепловой насос Tetris W Rev HP

Также в помещении ИТП запроектированы узлы учета вырабатываемой тепловой и холодильной энергии, насосные группы и прочее оборудование для подачи теплоносителя к потребителям.

В качестве энергоносителя систем тепло-холодоснабжения предусматривается:

- вода с параметрами 7/120С для холодоснабжения фанкойлов;
- вода с параметрами 45/350С для теплоснабжения фанкойлов;
- водный раствор-пропиленгликоля 30% с параметрами 45/350С для теплоснабжения калориферов приточных установок;
- водный раствор-пропиленгликоля 30% с параметрами 7/120С для холодоснабжения калориферов приточных установок;
- водный раствор пропиленгликоля 30% с параметрами 0/50С для мини-тепловых насосов арендаторов (зимний режим);
- водный раствор пропиленгликоля 30% с параметрами 25/300С для мини-тепловых насосов арендаторов (летний режим).

Для системы отопления нагрев теплоносителя будет предусматриваться непосредственно геотермальными тепловыми насосами. Распределение теплоносителя будет осуществляться из ИТП до тепло аккумулятора и по распределительным магистральным трубопроводам.

Кондиционирование воздуха в здании торгового центра осуществляется как подачей холодоносителя в теплообменники при-

точных установок систем вентиляции, как и в установленные вентиляторные доводчики. Также применяется система “фрикулинга” в виде прямого отвода тепла в грунт с помощью грунтовых зонтов. Данный режим работы позволит экономить электроэнергию за счет отключения тепловых насосов типа “пропитенгликоль-вода”.

Для распределения тепла между системами предусматривается геоконтур-система съема низкопотенциального тепла грунта, который представляет собой систему скважин с размещениями в них грунтовыми зондами, состоящими из двух петель полиэтиленовых труб ПЭ 100 Д32 мм. Трубы грунтовых зондов, входящие из скважин, сводятся в распределительные колодцы. В колодцах размещаются сборные коллекторы с установленными на них отсекающими кранами и балансировочными клапанами с расходомерами, позволяющими отрегулировать поток теплоносителя индивидуально по каждой скважине. Сборные трубопроводы от колодцев подключаются к магистралям Д100 мм, которые подводятся в ИТП. Общие коллектор, объединяющий все магистрали в ИТП, оснащен термометрами, утразвуковыми расходомерами и запорной арматурой, что позволяет отрегулировать тепловую нагрузку по участкам системы и зафиксировать аварийную утечку теплоносителя.

ИТП представляет собой помещение на отметке –3,500, размерами в плане 16,8х7,4 м с размещенным в нем тепломеханическим оборудованием и циркуляционными насосами.

Тепломеханическое оборудование и насосы обвязаны системой трубопроводов с запорно-регулирующей арматурой. Напорный трубопровод каждого насоса оборудован обратным клапаном и задвижкой для предотвращения обратного потока воды при выключении насоса. Для контроля работы насосного оборудования на напорных патрубках после насосов устанавливается манометр. Трубопроводная обвязка насосов выполнена из стальных водогозопроводных труб по ГОСТ 3262-75* при условном диаметре Ду50 и меньше, и из стальных электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10704-91 при большем диаметре с установкой запорно-регулирующей арма-

туры, позволяющей отключить каждый насосный агрегат и напорный коллектор для проведения ремонтных работ.

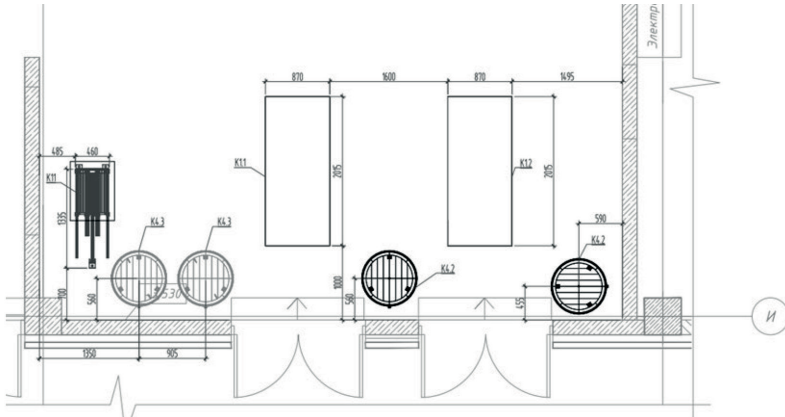


Рис. 2. Фрагмент расстановки оборудования на отм. -3.500

Проток через систему съёма низкопотенциального тепла грунта и испарители/конденсаторы тепловых насосов (ТН) обеспечивают насосы. В зависимости от требуемого протока и тепловой нагрузки осуществляется регулировка их производительности при помощи частотного преобразователя.

Тепловые насосы подключаются к единой системе сбора и потребления вырабатываемого тепла/холода непосредственно к баку-аккумулятору объемом 5 м³. Расчетный расход через тепловые насосы обеспечивают циркуляционные насосы с встроенными частотными преобразователями. Циркуляция теплоносителя между ТН и баком-аккумулятором обеспечивается циркуляционными насосами. От бака-аккумулятора производится подача теплоносителя к распределительному коллектору и далее к потребителям при помощи циркуляционных насосов [5].

«Пассивное» кондиционирование осуществляется за счет холода накопленного в грунте за отопительный сезон. Вовремя работы

системы «пассивного» кондиционирования подача теплоносителя производится непосредственно из системы съёма низкопотенциального тепло насосными группами, минуя теплоносные агрегаты посредством теплообменного аппарата К11.

Для компенсации теплового расширения воды в циркуляционных контурах, установлены мембранные расширительные баки.

Сведения о тепловых нагрузках на отопление, вентиляцию, кондиционирование, горячее водоснабжение, на производственные и другие нужды торгового комплекса представлены в таблице.

Сведения о тепловых нагрузках на отопление, вентиляцию, кондиционирование, горячее водоснабжение, на производственные и другие нужды

| Наименование здания (сооружения) | Объем, м ³ | Периоды года при t _н , °С | Расход теплоты, Вт | | | | Расход холода, Вт |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|--------|-------------------|
| | | | на отопление и ВТЗ | на вентиляцию | На кондиционирование | Общий | |
| Торговый комплекс | 111592 | -25 | 151600 | 2590700 | - | 410670 | 10104** |
| | | 26 | - | 106720 | 656534 | 763254 | 763254 |

* – без учета потерь тепла трубами

** – сплит-системы

Автоматизированная система управления технологическим процессом ИТП построена на интеграции технических средств и программного обеспечения, позволяющая осуществлять экс-

платацию установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Сигналы о текущем состоянии ИТП, в том числе сигналы о неисправности, выносятся на диспетчерский пункт.

Программное обеспечение АСУ ТП выполняет регулирование технологических параметров, защиту оборудования и передачу информации на диспетчерский пункт.

В процессе работы ИТП производится автоматическое регулирование:

- выработки тепловой/холодильной энергии путем каскадного подключения тепловых насосов;
- температуры воды за тепловым насосом;
- регулирование расхода тепло/холодоносителя в системе отопления/кондиционирования по потребности;
- чередование работы насосных агрегатов в режимах рабочий/резервный;
- автоматический пуск и остановка технологического оборудования.
- давление теплоносителя до и после тепловых насосов в пределах P_{\min} и P_{\max}
- по температуре теплоносителя до и после тепловых насосов в пределах t_{\min} и t_{\max} ;
- отсутствие потока теплоносителя через тепловой насос;
- отключение электроэнергии.

В ИТП предусмотрены суммирующие устройства для контроля отпущенной тепловой/холодильной энергией по контурам потребителей, а также тепловой/холодильной энергией по контурам низкопотенциального источника тепловой энергии.

Система диспетчеризации обеспечивает сбор дискретной информации о работе ИТП с дальнейшей ее передачей по модемной связи на диспетчерский пункт эксплуатирующей организации для целей оперативного контроля. Дополнительно предусмотрена возможность удаленного мониторинга и управления работой установок по протоколу TCP/IP.

Литература

1. Луканин П. В., Саунин В. И. Тепловые насосы – состояние и перспективы. 2004.
2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2012. – 57с.
3. Ильин Р. А. Эффективность децентрализованного теплоснабжения на базе грунтового теплового насоса / Р. А Ильин, Р. А. Амерханов // Изв. высш. уч. зав. Сев.-Кав. регион. Серия: технические науки. – 2014 – №1. – С. 26–30.
4. Шульгин Ю. В., Кожин И. В. Круглогодичное обеспечение жилых и общественных зданий теплом и холодом с помощью холодильных машин // Холодильная техника. 2010. №7. С. 34–37.
5. Луканин П. В., Саунин В. И. Тепловые насосы-состояние и перспективы.

УДК 697.9

Александр Алексеевич Дмитриев,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: aldebu37@gmail.com

Aleksandr Alekseevich Dmitriev,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: aldebu37@gmail.com

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

ANALYSIS OF THE ENTERTAINMENT POOL VENTILATION SYSTEM

Комфортные условия микроклимата в помещении благотворно влияет на физическое и моральное состояние человека, а как следствие на желание вновь посещать такие места, что особенно актуально для торговых и развлекательных центров. Зачастую предусматриваемые инженерные решения не обеспечивают даже допустимое качество воздуха в помещениях плавательных бассейнов. Низкое качество технических решений в процессе эксплуатации приводит к выпадению конденсата на строительных конструкциях, приводящее к образованию плесени и их разрушению.

В данной статье с помощью программного комплекса STAR-CCM+ составлена математическая модель и произведен анализ эффективности системы центрального кондиционирования плавательного бассейна, выявлены ее недостатки и даны рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: вентиляция, кондиционирование, микроклимат, плавательные бассейны, математическое моделирование.

The comfortable microclimate in the room has a beneficial effect on the physical and moral condition of a person, and as a result on the desire to visit such places again, which is especially important for shopping and entertainment centers. Often envisaged engineering solutions do not even provide acceptable air quality in indoor swimming pools. The low quality of technical solutions during operation leads to condensation on building structures, leading to the formation of mold and their destruction.

In this article, using the STAR-CCM + software package, a mathematical model is compiled and an analysis of the effectiveness of the central air conditioning sys-

tem of the swimming pool is made, its shortcomings are identified and recommendations for their elimination are given.

Keywords: ventilation, air conditioning, microclimate, pools, mathematical modeling.

Предметом исследования является система вентиляции помещения плавательного бассейна, расположенного в торгово-развлекательном центре в г. Улан-Удэ.

Расчетные параметры наружного воздуха приняты согласно [1] и сведены в таблицу 1, параметры микроклимата внутреннего воздуха приняты согласно [2] и сведены в таблицу 2.

Таблица 1

Расчётные параметры наружного воздуха

| Период года | Температура t_n , °C | Энтальпия J_n , кДж/кг | Скорость ветра v_n , м/с | Продолжительность, $Z_{от}$, сут, и средняя температура за отопительный период, $t_{от}$, °C | | Географическая широта, град с.ш. | Барометрическое давление, гПа |
|--------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|--|----------|----------------------------------|-------------------------------|
| | | | | $Z_{от}$ | $t_{от}$ | | |
| Теплый «Б» | 28 | 54,8 | 1,0 | – | – | 52 | 957 |
| Переходный | 10 | 26,5 | 2,1 | – | – | | |
| Холодный «Б» | –35 | –35,1 | | 230 | –10,3 | | |

Таблица 2

Расчётные параметры внутреннего воздуха

| Наименование помещения | Период года | Температура воздуха, t_v , °C | Относительная влажность, фв, % | Подвижность воздуха, v_v , м/с |
|------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Бассейн | Т.П. | 32 | 50–65 | £ 0,2 |
| | П.П. и Х.П. | 32 | 50–65 | £ 0,2 |

В помещении бассейна площадью 604,4 м² расположены большая и малая чаши переливного типа габаритами 25×5,6 м и 25×4,9 м соответственно, малая чаша имеет встроенное джакузи габаритами 5,1×4,9 м, температура воды в чашах 30 °С. Воздухообмен в помещении составляет 12615 м³/ч, температура приточного воздуха 32 °С.

План помещения бассейна представлен на рисунке 1, схема системы вентиляции ПВ1, обслуживающая бассейн представлена на рисунке 2.

Процесс формирования тепло-влажностного режима в помещении бассейна описан уравнениями (1) и (2) согласно [3] и приведен в таблице.

$$W_{\text{исп}} + W_{\text{л}} + W_{\text{пр}} = W_{\text{уд}}, \text{ кг/ч} \quad (1)$$

$$\sum Q_{\text{пост}} = Q_{\text{люд}} + Q_{\text{и.о.}} + Q_{\text{с.р.}} + Q_{\text{скр}}, \text{ Вт} \quad (2)$$

где $W_{\text{исп}} = W_{\text{басс}} + W_{\text{од}}$ – суммарное количество влаги, испаряющихся с открытой поверхностью зеркала бассейна и самотечных поверхностей, прилегающих к водному зеркалу, кг/ч; $W_{\text{л}}$ – влагопоступления от людей, кг/ч; $W_{\text{пр}}$ – влагопоступления с приточным воздухом, кг/ч. $Q_{\text{люд}}$ – теплопоступления от людей, Вт; $Q_{\text{с.р.}}$ – теплопоступления за счёт солнечной радиации через остекление, Вт; $Q_{\text{и.о.}}$ – теплопоступления от искусственного освещения, Вт; $Q_{\text{скр}}$ – скрытая теплота парообразования, Вт.

По архитектурным, строительным и сантехническим чертежам составлена 3D – модель помещения бассейна и выполнен ее расчет в программном комплексе STAR – ССМ+.

На рис. 3 представлено поле распределения относительной влажности в помещении. Проанализировав рисунок можно сделать вывод, что несмотря на высокую относительную влажность – более 80% в левом нижнем углу, в зоне нахождения посетителей относительная влажность соответствует нормируемой, так же из рисунка видно, что на внутренней поверхности окон выпадение конденсата не происходит.

Таблица 3

Таблица тепло-влажностного отношения

| Наименование помещения | Объем помещения, м ³ | Периоды года | Температура, t _в , °С | Теплоизбытки, ±DQ, Вт | Влагоизбытки, DW _{н.в.} , кг/ч |
|------------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| Бассейн | 2371,98 | Т.П. | 32 | 59810 | 81,8 |
| | | П.П. | 32 | 58765 | 81,8 |
| | | Х.П. | 32 | 61260 | 81,8 |

На рис. 4 представлено поле распределения температур в помещении. Из анализа рисунка видно, что в зоне нахождения занимающихся температура воздуха выше температуры воды на 1–2 °С в полном соответствии с [2].

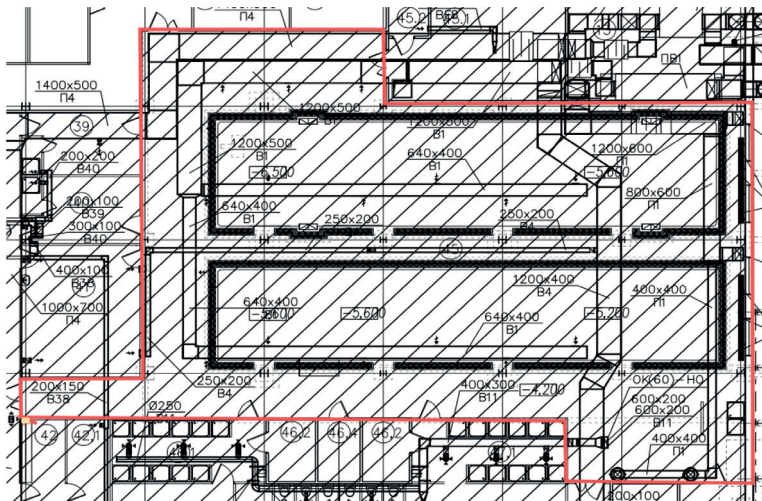


Рис. 1. Фрагмент плана цокольного этажа

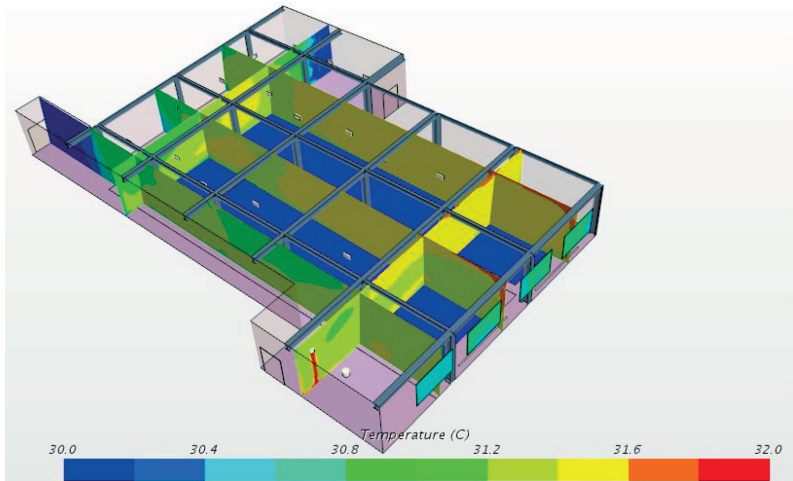


Рис. 4. Поле распределения температур

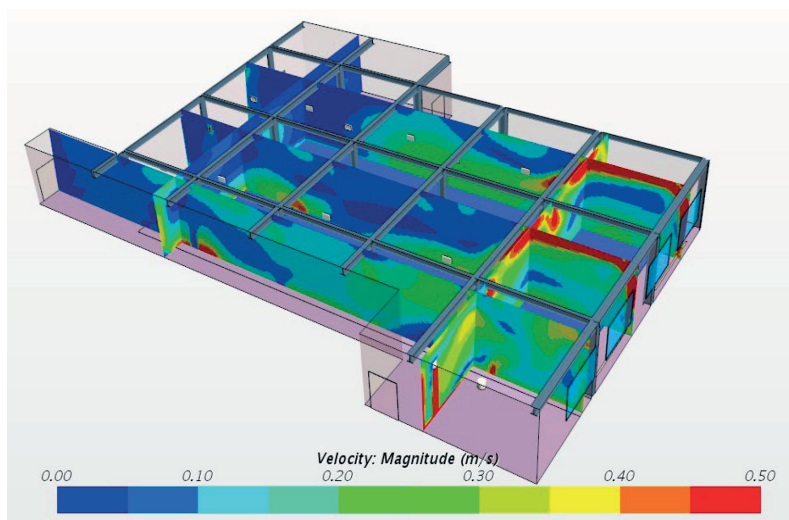


Рис. 5. Поле распределения скоростей по высоте помещения

На рисунке 5 представлено поле распределения скоростей по высоте помещения из которого видно, что подвижность воздуха в некоторых зонах нахождения людей превышает $0,5$ м/с.

Для более подробного анализа подвижности воздуха на рисунке 6 представлено поле распределения скоростей только в зоне нахождения купающихся на высоте $0,2$ м от пола помещения. Так же чтобы проанализировать образование высоких скоростей на рисунках 7 и 8 представлены линии тока приточного воздуха.

Рассматривая в совокупности рисунки 5, 6, 7 видно, что на выходе из потолочных диффузоров скорость воздушных потоков превышает $0,5$ м/с, далее воздушные потоки на высокой скорости врезаются в пол образуя при этом повышенную подвижность в рабочей зоне.

Из рисунков 5 и 8 видно как воздушные потоки, вытекающие на большой скорости из напольных щелевых диффузоров, врезаются в потолок и перетекают в направлении вытяжных решеток, встречаются на своем пути балку на которую опирается плита перекрытия, в следствии чего меняют свое направление и со скоростью все еще превышающей $0,5$ м/с попадают в зону нахождения пловцов.

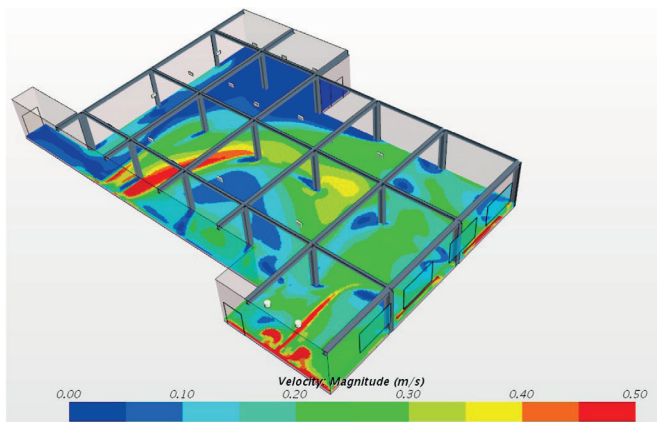


Рис. 6. Поле распределения скоростей на уровне $0,2$ м от пола

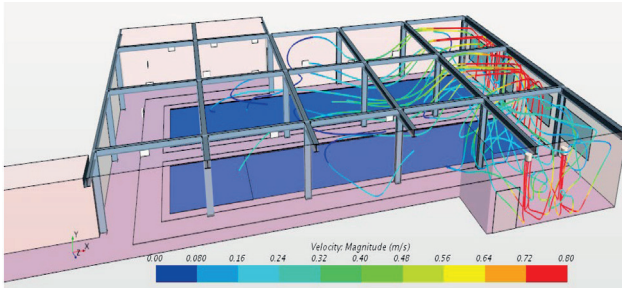


Рис. 7. Линии тока. Вид 1

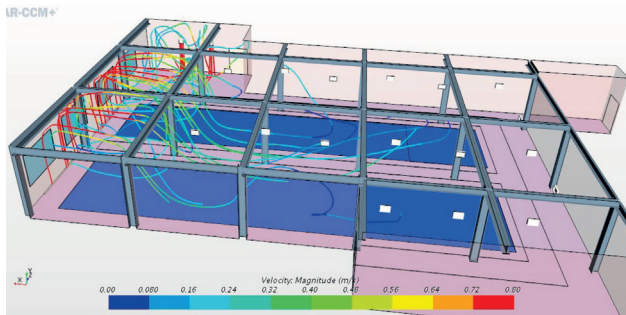


Рис. 8. Линии тока. Вид 2

В результате анализа выявлено, что системы вентиляции бассейна ПВ1 в должной степени обеспечивает требуемый тепло-влажностный режим, но при этом параметры микроклимата все равно не соблюдаются, так как подвижность воздуха в помещении превышает 0,2 м/с.

Возможные варианты решения проблемы основаны на зависимости вида:

$$V = L / F \cdot 3600, \text{ м/с} \quad (3)$$

где, V – скорость воздуха, м/с; L – объемный расход воздуха, м³/ч; F – площадь живого сечения, м².

Из вышесказанного и формулы (3) следует вывод: чтобы привести подвижность воздуха в рабочей зоне к требуемой [2], требуется уменьшить количество приточного воздуха и вследствие скорости воздушных потоков, но так как для ассимиляции избыточного количества влаги в помещении воздухообмен подобран верно, для уменьшения воздухообмена требуется подача более сухого воздуха за счет встроенного осушителя в приточной камере или ассимиляции избыточного количества влаги стационарными осушителями.

Вторым возможным решением проблемы является увеличение площади воздухораспределителей до таких размеров, при которых скорость воздушных потоков будет соответствовать требуемой.

Так же рекомендуется в целях предотвращения образования коррозии организовать вытяжку из области с высокой влажностью (см. рис. 3).

Литература

1. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 28 ноября 2018 г. №763/пр).
2. СП 31-112-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Физкультурно-спортивные залы. Часть 2 (одобрен и рекомендован к применению Письмом Госстроя РФ от 30.04.2004 N ЛБ-322/9 и Приказом Росспорта от 26.02.2005 № 24).
3. Методика расчета и проектирования систем обеспечения микроклимата в помещениях плавательных бассейнов Спецвыпуск проектировщику. Антонов П.П.

УДК 697.628.8

Анастасия Сергеевна Ермолаева,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ermol-nastya@mail.ru

Anastasia Sergeevna Ermolaeva,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ermol-nastya@mail.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУХООБМЕНА В «ЧИСТЫХ» ПОМЕЩЕНИЯХ БОЛЬНИЦЫ

ORGANIZATION OF AIR EXCHANGE IN THE «CLEAN» PREMISES OF THE HOSPITAL

Данная статья посвящена теме о так называемых «чистых» помещениях. В ней вы сможете ознакомиться с вопросами, связанными с поддержанием требуемых параметров микроклимата в подобных помещениях, соответствующими требованиями к применяемым системам вентиляции и кондиционирования воздуха, с приведенным описанием используемой в них системой фильтрации и очистки воздуха, организацией и возможными схемами воздухообмена. В наше время организация чистых помещений и соблюдение их стерильности только возрастает, в связи с ростом городов их значение неумолимо растет, также чистые помещения задействованы в производстве фармацевтических товаров, в различных областях здравоохранения.

Ключевые слова: чистые помещения, фильтры, схемы воздухораспределения, класс чистоты, приточная система

This article is about the so-called “clean” rooms. In it you can familiarize yourself with issues related to maintaining the required microclimate parameters in such rooms, the relevant requirements for the ventilation and air conditioning systems used, with a description of the air filtration and purification systems used in them, the organization and possible air exchange schemes. Nowadays, the organization of cleanrooms and their sterility is only increasing, due to the growth of cities, their importance is growing inexorably, and cleanrooms are involved in the production of pharmaceutical products in various areas of health care.

Keywords: clean rooms, filters, air distribution schemes, class of cleanliness, supply air system

В нашем с вами современном мире существует множество рабочих мест, связанных с будь то умственным или физическим на-

пряжением. На различных производствах трудятся люди, начиная от лесопильных, заканчивая фармацевтическими, и на всех необходимо обеспечивать оптимальные параметры микроклимата для работников, во избежание заболеваний и хронических производственных болезней. Также огромное количество людей работают в офисах, для которых тоже немаловажно обеспечивать комфортные условия для пребывания и работы. Все это на данном этапе нашей жизни является достаточно актуальной задачей для инженеров.

Речь в данной статье пойдет о «чистых» помещениях, в которых трудятся медицинские работники и находятся на лечении обычные люди. В виду специфики данного типа помещений очень важно соблюсти чистоту воздуха, который циркулирует там, а также его стерильность. Поэтому устройство систем вентиляции и кондиционирования воздуха является столь важной и обязательной составляющей для обеспечения требуемого микроклимата.

В современных городах и мегаполисах и около них, в областях, функционирует большое количество производств, ежедневно выбрасывающих в воздух атмосферы огромное число загрязняющих веществ, также в воздухе городской среды велико содержание болезнетворных бактерий, вирусов. Попадание подобных загрязнителей, например, в операционную может повлечь за собой неутешительные последствия, такие как заражение или инфицирование пациента, иногда вплоть до летального исхода. Именно поэтому так важно заботиться о чистоте и очистке воздуха, попадающего в подобные помещения, поэтому так важно устраивать системы вентиляции и кондиционирования воздуха, которые смогли бы обеспечить и поддерживать необходимые требования параметров микроклимата.

Спроектировать систему вентиляции и кондиционирования воздуха, которая отвечала бы всем нормативным требованиям, весьма непросто для инженера, так как она потребует обширных и специфических знаний в области проектирования чистых помещений, а также, что немаловажно, опыта работы в данной сфере деятельности.

В объеме здания больницы, в целом, предусматривается исключительно механическая приточная и вытяжная вентиляция, исключение могут составить совсем незначительные помещения, скажем, без как такового функционального назначения. Воздух, подаваемый в помещение, должен пройти очистку от всевозможных примесей, что позволяет обеспечить многоуровневая система фильтрации приточного воздуха.

В настоящее время в качестве системы очистки воздуха используется установка, состоящая из трёх уровней фильтрующих элементов:

- фильтры грубой очистки, позволяющие удалить из воздуха крупные механические загрязнения;
- антибактериальный фильтр и фильтрующие элементы тонкой очистки, направленные на более качественную фильтрацию;
- микрофильтры HEPA, позволяющие добиться ультратонкой очистки приточного воздуха.

Не только система фильтрации воздуха занимает главенствующее положение в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, также немаловажную позицию занимают такие устройства и оборудование, как воздухораспределители, воздухозаборное оборудование, различные элементы первого и второго подогрева воздуха, охладители и увлажнители, вентиляторы, а также регулирующая и запорная арматура.

В вентилируемом помещении воздух находится в непрерывном движении, за счет потоков тепла, исходящих от различных источников, расположенных в помещении. Основное влияние на характер, и интенсивность движения воздуха в вентилируемом помещении люди оказывают за счет приточных струй, которые формируются самыми разнообразными формами воздухораспределителей. Главной задачей и назначением приточных струй является распределение в объеме помещения свежего и очищенного от различных примесей воздуха в рабочую или обслуживаемую зону. Также при создании таких систем очень важно из какого материала и какое покрытие имеют воздуховоды, так

как оно должно предусматривать периодическую санитарную очистку поверхностей.

Направление движения воздуха

Все помещения имеют различные классы чистоты, в зависимости от того к какому классу относится данное помещение, такой вид воздушного потока в нем и организуют. Виды организации движения воздушных потоков в помещениях разделяют:

- помещения, в которых преднамеренно создается течение воздушного потока в конкретном направлении, которое создается за счет дисбаланса воздуха, подаваемого и удаляемого системами приточно-вытяжной вентиляции;
- помещения с организованным зонированием, создаваемым посредством воздушных шлюзов с подпором или разрежением воздуха.

Воздушные шлюзы устраиваются между группами помещений одного этажного отделения, отличающихся по классу чистоты, которые предполагают частое открывание и закрывание дверей. Нельзя допустить перетока воздуха из помещения класса с низким классом чистоты в помещение с более высоким классом чистоты, во-первых, это возможно предотвратить за счет дисбаланса воздуха, которые обеспечит движение вытесняющего потока, а во-вторых устройство шлюзов не позволит таковому произойти.

Способы раздачи воздуха

В помещениях лечебно-профилактических учреждений следует принимать воздухораспределители настенного или потолочного типов, возможные решения подачи воздуха через настенные и потолочные воздухораспределители приведены на рис. 1–3.

В подавляющем большинстве случаев, в помещениях классов чистоты Б, В и Г воздух, как правило, подают и удаляют через верхнюю зону помещения, при этом приточные и вытяжные устройства разводят и приближают к противоположным боковым стенам. Схема притока и удаления воздуха из верхней зоны приведена на рис. 4.

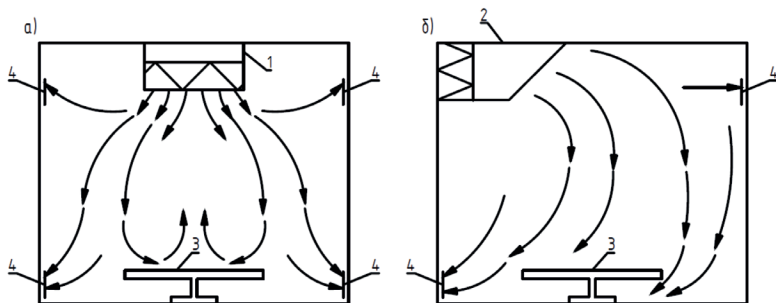


Рис. 1. Вентилирование помещения турбулентными потоками воздуха при помощи потолочного (а) и настенного (б) воздухораспределителей: 1 – потолочный воздухораспределитель; 2 – настенный воздухораспределитель; 3 – технологическое оборудование (операционный стол); 4 – вытяжные устройства

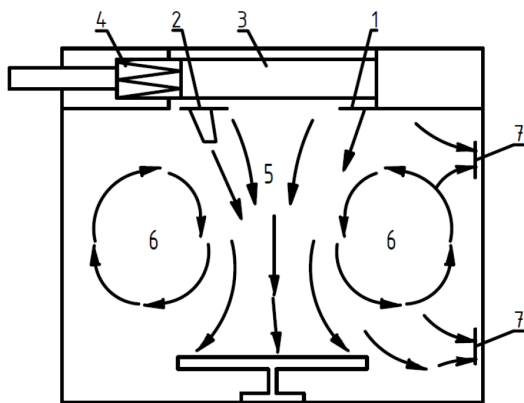


Рис. 2. Вентилирование помещения при помощи потолочного воздухораспределителя: 1 – модульные перфорированные воздухоподающие панели; 2 – стабилизатор струи; 3 – камера избыточного давления; 4 – фильтр сверхтонкой очистки (установка обеззараживания воздуха); 5 – приток стерильного воздуха; 6 – вторичные цилиндрические турбулентные потоки; 7 – вытяжные устройства

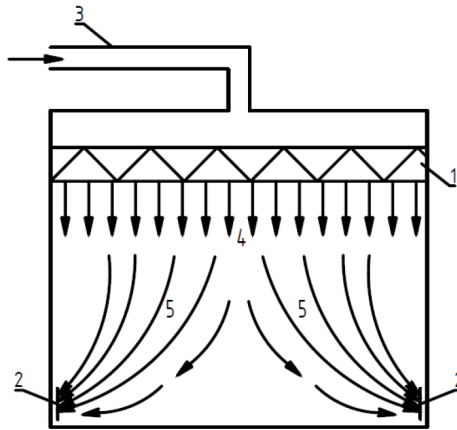


Рис. 3. Вентилирование помещения вертикальным однонаправленным потоком с удалением воздуха через вентиляционные решетки, расположенные вдоль стен: 1 – потолочный воздухоподразделитель однонаправленного потока; 2 – вытяжное отверстие или вытяжные вентиляционные решетки; 3 – приточный воздуховод; 4 – однонаправленный поток воздуха; 5 – неоднаправленный поток воздуха

В помещениях класса чистоты А, такие как, например, операционные и родовые, а также наркозные, приток воздуха осуществляется, исключительно, в верхнюю зону помещения, а удаление из нижней зоны (рис. 5). Существует разное соотношение удаляемого воздуха из нижней и верхней зоны помещения в зависимости от его типа, в цифрах это можно представить, как: не более 40% от общего объема вытяжки из верхней зоны и не менее 60% из нижней для операционных, родовых, наркозных; и по 50% из нижней и верхней зон для рентгенооперационных, рентгенодиагностических и рентгенотерапевтических кабинетов.

Удаление воздуха из верхней зоны необходимо предусматривать на расстоянии не более 0,1 м от потолка до верха решетки, из нижней – на расстоянии не более 0,6 м от уровня пола до низа решетки [2].

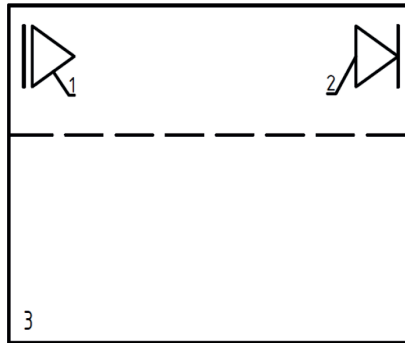


Рис. 4. Схема притока и удаления воздуха из верхней зоны помещения:
1 – приток; 2 – удаление; 3 – рабочая зона

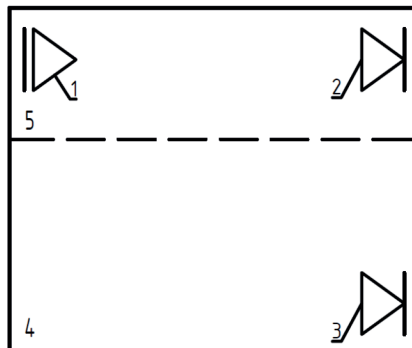


Рис. 5. Схема удаления воздуха из верхней и нижней зон помещения:
1 – приток; 2 – удаление из верхней зоны; 3 – удаление из нижней зоны;
4 – рабочая зона; 5 – верхняя зона помещения

В помещениях класса чистоты А, Б обязательно предусматривается кондиционирование воздуха, в соответствии с требованиями нормативной литературы. Кондиционирование воздуха предполагает автоматическое поддержание в помещении оптимальных норм всех или отдельных параметров микроклимата (от-

носительная влажность, подвижность воздуха и его температура), которые являются наиболее благоприятными для комфортного нахождения и самочувствия, работы человека в данном помещении, а также ведения различных технологических процессов, будь то фармацевтическое производство, или непосредственно операционные, для целостности и сохранности любых музейных и документальных ценностей.

Комплекс технических устройств, предназначенных для приготовления, перемещения, распределения воздуха и автоматического регулирования его параметров называется системой кондиционирования воздуха (СКВ).

В СКВ входит оборудование для необходимой обработки приточного воздуха (очистка, нагревание и охлаждение, увлажнение и осушение) и его подачи в помещения, а также источники тепло- и холодообеспечения, насосы и трубопроводы для перемещения тепло- и холодоносителя, устройства для распределения воздуха, местные доводчики (подогреватели, охладители, увлажнители) и средства автоматического регулирования, дистанционного управления и контроля. Размеры секций могут быть унифицированы и зависеть от расхода и скорости воздуха, который обрабатывается в кондиционере.

Основное оборудование для приготовления и перемещения воздуха обычно агрегируется в аппарат, установку, называемую кондиционером.

Система кондиционирования воздуха конструируется с механическим побуждением воздуха и работой для теплового и холодного периодов года с постоянной производительностью по расходам воздуха для «чистых» помещений в зданиях больницы.

К кондиционируемым помещениям относятся помещения категории класса чистоты А, Б, это могут быть: операционные, малые операционные, предоперационные, перевязочные (асептические и септические), кладовая стерильных материалов, стерилизационная и т.д. Подбор оборудования для помещений в которых предполагается кондиционирование воздуха, осуществляется в резуль-

тате расчета тепlopоступлений (от людей, солнечного излучения, технологического оборудования, другие избытки теплоты и влаги, углекислый газ).

Подачу воздуха в помещения с классом чистоты А производят через воздухораспределители, которые принципиально формируют однонаправленный поток воздуха, установка таких ВР предусмотрена в потолке или в верхней зоне стены. Еще такие воздухораспределители называют «ламинарные», из них формируются целые «ламинарные потолки», которые устанавливаются в помещениях операционных. Такие устройства отвечают требованиям по чистоте и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Кратность воздухообмена в помещениях операционных принимают по расчету, но не менее тех значений, которые приведены в соответствующей нормативной литературе. После определения расчетных величин воздухообмена в помещениях определяют суммарные количества приточного и удаляемого воздуха для помещений на одном этаже, сообщающих с общим коридором, и высчитывают необходимое количество воздуха которое нужно подать или удалить из коридора в случае избытка притока или вытяжки, с учетом поддержания дисбаланса воздуха в размере 10%, также нельзя забывать про допустимую разницу давлений, которая исключает переток воздуха и составляет для помещений между операционной и предоперационной в размере 5 Па, а для операционного блока и коридора 15 Па [2].

В других помещениях лечебно-профилактических учреждений воздухообмен принимают по норме кратности, приведенной в соответствующей нормативной литературе.

Литература

1. Драпалюк Н. А., Дудкина Е. Ю. Особенности проектирования «чистых помещений». – 6 с.
2. Борисоглебская А. П. Лечебно-профилактические учреждения. Общие требования к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2008. – 144 с.

3. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования. Москва 2014. – 138 с.
4. Богословский В. Н. Внутренние санитарно-технические устройства. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочник проектировщика / В. Н. Богословский, А. И. Пирумов. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
5. ГОСТ Р 50766-95. Помещения чистые. Классификация. Методы аттестации. Основные требования. – Введ. 1996-01-01. – М.:Изд-во стандартов, 1995. – 26 с.
6. ГОСТ Р ИСО 14644-1-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха. – Введ. 2004-04-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 16 с.
7. ГОСТ Р 7.05–2008. СИБИБД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

УДК 697.922 : 532.559.2 : 532.559.3

Арслан Маликович Зиганшин,
канд. техн. наук, доцент
Гузель Рамилевна Сафиуллина,
студент
Ринат Рафаильевич Валиуллов,
студент
(Казанский государственный архитек-
турно-строительный университет)
E-mail: ziganshin.arслан@gmail.com
safullina26@mail.ru
rinatvaliullov@gmail.com

Arslan Malikovich Ziganshin,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Guzel Ramilevna Safullina,
student
Rinat Rafailevich Valiullov,
student
(Kazan State University
of Architecture and Engineering)
E-mail: ziganshin.arслан@gmail.com
safullina26@mail.ru
rinatvaliullov@gmail.com

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КМС ТРОЙНИКА:
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ДЛЯ СИММЕТРИЧНОГО НА СЛИЯНИЕ
И ЧИСЛЕННОЕ ДЛЯ НЕСИММЕТРИЧНОГО
НА РАЗДЕЛЕНИЕ**

**THE TEE LOCAL DRAG COEFFICIENT
DETERMINATION: EXPERIMENTAL
FOR SYMMETRIC AT JUNCTION
AND NUMERICAL FOR ASYMMETRIC
AT DIVISION**

В работе приводятся результаты определения коэффициента местного сопротивления для течения в канале с тройником. Рассмотрены два случая – симметричный тройник на слияние и несимметричный тройник на разделение. Такие случаи очень часто встречаются в практике проектирования и конструирования воздухопроводных сетей систем вентиляции и кондиционирования. При этом в них теряется большое количество энергии, которое можно снизить спрофилировав их острые кромки по очертаниям вихревых зон. Эти очертания наиболее рационально находить при помощи методов вычислительной гидродинамики и получаемые результаты необходимо подробно проверять – валидировать, путем сравнения с ранее известными и достоверными источниками или проводить собственные эксперименты. Полученные в работе результаты показывают хорошее соглашение получаемых результатов с собственным экспериментом и данными других авторов.

Ключевые слова: тройник, коэффициент местного сопротивления, экспериментальное исследование, численное исследование.

The paper presents the results of determining of the local drag coefficient for the flow in a channel with a tee. Two cases are considered – a symmetric tee with the converging flow and an asymmetric tee with the diverging flow. Such cases are very common in the design and construction of air ductworks of ventilation and air conditioning systems. At the same time, a large amount of energy is lost in them, which can be reduced by profiling their sharp edges according to the outlines of the vortex zones. Such outlines are most rationally found using computational fluid dynamics methods and the results obtained must be checked in detail - validated by comparison with previously known and reliable sources or conducted own experiments. The results obtained in the work show a good agreement between the obtained results and our own experiment and data of other authors.

Keywords: tee, local drag coefficient, experimental study, numerical study.

Потери давления в воздухопроводных сетях систем вентиляции и кондиционирования складываются из потерь на трение и на местные сопротивления в фасонных деталях, где происходит деформация потока. Уменьшение сопротивления фасонных деталей и потерь давления всей системы является одним из основных мероприятий по увеличению энергоэффективности. Тройники – это часто встречающиеся фасонные элементы в которых происходит либо слияние, либо разделение потоков. Имеются различные примеры мероприятий по снижению сопротивления фасонных элементов, среди которых можно отметить современное направление топологической оптимизации формы элементов вентиляционных каналов [1, 2], кроме этого предлагается использование профилирующих вставок различной конфигурации [3] – плавные профили из самолето- и автомобилестроительной отрасли, дуги окружностей и эллипсов, и профилирования стенок тройников по очертаниям взятым из природы – излучины реки [4], ствола дерева [5]. При этом во всех случаях удается снизить аэродинамическое сопротивление на величины порядка 30%. При этом имеются и недостатки – для метода топологической оптимизации форма фасонной детали получается крайне сложной и изготовление возможно

только с использованием аддитивных технологий, что существенно удорожает их производство и приводит к неэффективности использования их при строительстве. Использование профилирования стенок приводит к увеличению габаритов фасонной детали, что часто недопустимо в ограниченных условиях размещения вентиляционных сетей. При использовании исследованных профилирующих вставок авторы отмечают их неоптимальные очертания, которые должны быть согласованы с потоком воздуха. В то же время есть способ лишенный вышеуказанных недостатков – профилирование фасонной детали по очертаниям вихревых зон [6]. Габариты получающихся деталей не увеличиваются, а получающаяся форма не усложняет технологии их изготовления, причем можно использовать как профилирование стенки фасонной детали при новом строительстве, так и профилирующие вставки при реконструкции уже существующих сетей. Усовершенствованные таким способом детали – отводы [7, 8], зонты-раструбы [9], внезапные расширения [10] показывают снижение сопротивления от 30 до 70 %. Для несимметричного тройника на слияние также имеется хорошее снижение сопротивления [11], но нужно отметить важную особенность – зависимость очертаний вихревых зон от отношения расходов воздуха протекающих по ветвям тройника.

Часто подобные исследования проводятся численно, однако для валидации получающегося решения важно сравнить результаты с экспериментальными данными. Наиболее полным источником, содержащим сопротивления различных элементов, до сих пор, является справочник [12]. Тем не менее, в некоторых случаях приведенные в нем данные существенно отличаются от получающихся численных результатов и данных других авторов, в этом случае необходима дополнительная экспериментальная проверка. В работе приводятся результаты экспериментального определения коэффициента местного сопротивления (КМС) для симметричного равносоставленного тройника на слияние, а также численного определения КМС несимметричного равносоставленного тройника на разделение для всего диапазона изменения расходов.

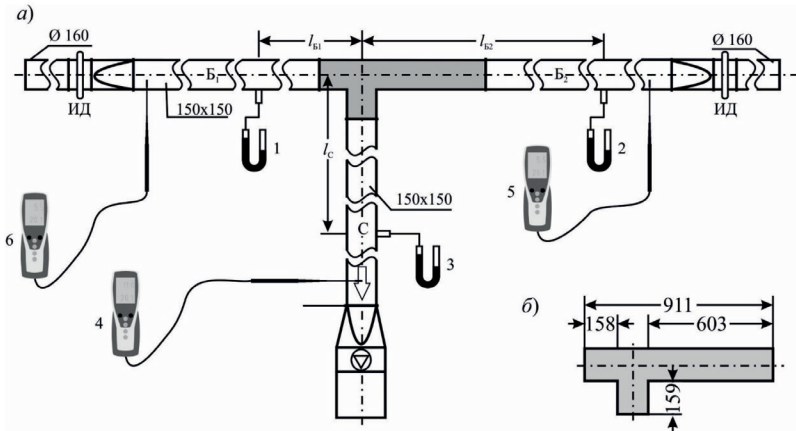


Рис. 1. Экспериментальная установка: а – схема установки; б – тройник; ИД – измерительные диафрагмы на левом и правом боковых ответвлениях; 1–3 – штуцеры для измерения давлений, 5–6 – лючки для измерения скоростей потока воздуха термоанемометром

Для проверки результатов, полученных численно [13] проводится экспериментальное исследование по определению коэффициента местного сопротивления равносоставленного симметричного вытяжного тройника. Для сравнения получаемых результатов также будут использоваться доступные данные Левина С. Р., чьи экспериментальные результаты приведены в [12], зависимость для КМС, полученная обобщением известных данных и приведенная в [14], а также одни из первых экспериментальных [15]. Экспериментальная установка по исследованию сопротивления вытяжного тройника собрана из прямолинейных участков воздуховодов размером 150×150 , с гидравлическим диаметром $D_f = 150$ мм (рис. 1). Направление течения в тройнике на слияние «С», левое боковое ответвление обозначено «Б1», правое «Б2». Для регулирования расхода, протекающего по тройнику на боковых ответвлениях смонтированы ирисовые диафрагмы (ИД) круглого сечения

Ø160. Линейные размеры всех участков установки представлены на рис. 1а. Тройник имеет прозрачную стенку из органического стекла для возможности визуализации течения. Схема тройника представлена на рис. 1б. Воздух удаляется с помощью канального радиального вентилятора установленного на участке сливания. Статическое давление измерялось с помощью электронного манометра Testo 451.3 (№7 на рис. 2), для подключения используются штуцеры 1, 2, 3. Измерения скорости проводились через лючки 5, 6 на боковых ответвлениях и 4 на участке сливания при помощи термоанемометра Testo 425 (№8 на рис. 2).



Рис. 2. Экспериментальная установка в лаборатории КГАСУ

Основные размеры $l_{\text{б1}} = 410$ мм, $l_{\text{б2}} = 2100$ мм, $l_{\text{с}} = 1290$ мм. По измеренным скоростям и известной площади сечения воздухопровода вычислялся расход протекающего воздуха, и затем оценивалась герметичность установки и погрешность измерений, путем сравнения суммы измеренных расходов по боковым ветвям и на сливании, которая не превышала 5%. Коэффициенты местного сопротивления находились по формулам:

$$\zeta_{B1} = \frac{P_3^{\text{СТ}} - P_1^{\text{СТ}} + P_4^{\text{ДИН}} - P_6^{\text{ДИН}} - (R_{B1} \cdot l_{B1} + R_C \cdot l_C)}{P_4^{\text{ДИН}}}, \quad (1)$$

$$\zeta_{B2} = \frac{P_3^{\text{СТ}} - P_2^{\text{СТ}} + P_4^{\text{ДИН}} - P_5^{\text{ДИН}} - (R_{B2} \cdot l_{B2} + R_C \cdot l_C)}{P_4^{\text{ДИН}}}, \quad (2)$$

где $P_1^{\text{СТ}}$, $P_2^{\text{СТ}}$ и $P_3^{\text{СТ}}$ – статическое давление, соответственно в точках 1, 2 и 3, Па (рис. 1), Па; $P_4^{\text{ДИН}}$, $P_5^{\text{ДИН}}$ и $P_6^{\text{ДИН}}$ – динамическое давление, соответственно на участках 4,5,6 Па; R_{B1} , R_{B2} и R_C – удельное падение давления на трение, соответственно на участках B_1 , B_2 и C , Па/м; l_{B1} , l_{B2} и l_C – длины соответствующих участков воздухопровода (см. рис. 1), м. Удельное падение давления R вычислялось по формуле Блазиуса на основании предварительной настройки и исследования использованной экспериментальной установки [16]. По результатам нашего экспериментального исследования при $G_B / G_C = 0,51$ коэффициент местного сопротивления составил $\zeta=0,55$, для соотношения $G_B / G_C = 0,5$ по итогам нашего более раннего численного исследования $\zeta=0,58$ [13], в [14] указано значение $\zeta=0,67$, а в [15] $\zeta=0,59$. В то же время по справочнику [12] $\zeta=1,25$, что примерно в два раза больше чем все остальные значения, которые между собой сходятся достаточно хорошо (различие не превышает 34%).

Исследования сопротивления несимметричного тройника на разделение проводились численно. Компьютерная модель строилась в вычислительном комплексе Fluent (пакет ANSYS® Academic Research Mechanical and CFD, Release 18.2). Для замыкания системы уравнений движения использовалась валидированная ранее [17] «стандартная» k - ε модель турбулентности в сочетании с расширенными пристеночными функциями. В работе проводится моделирование работы такого тройника при изменении отношения расхода протекающего по боковому ответвлению расхода G_B к общему расходу до разделения потоков G_C : $0,1 < G_B / G_C < 0,9$. Для

этого на выходящих границах устанавливались различные значения давлений. Более подробно про установку граничных условий можно посмотреть в работе [17]. В результате моделирования определена зависимость значений коэффициентов местного сопротивления на проход ζ_{Π} и на боковое ответвление $\zeta_{\text{Б}}$ от $G_{\text{Б}} / G_{\text{С}}$ (рис. 3). Видно, что для значений КМС на проход имеется хорошее схождение результатов численного исследования с данными обобщений [14] и несколько хуже с данными справочника [12], максимальное расхождение в первом случае около 25%, во втором уже около 65%. Для КМС на боковом ответвлении в сравнении с [14] также отличие меньше (~10%) и существенно больше при сравнении с [12] ~30%. Здесь нужно отметить необходимость дополнительного сравнения с другими источниками и проведения собственного эксперимента.

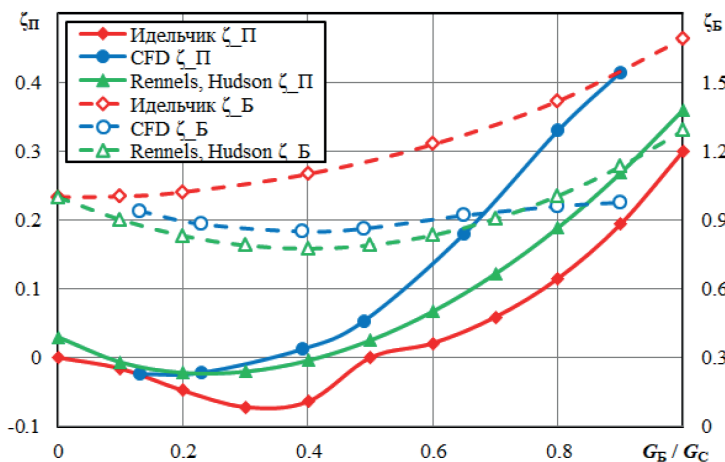


Рис. 3. Изменение ζ_{Π} и $\zeta_{\text{Б}}$ от $G_{\text{Б}} / G_{\text{С}}$

В результате экспериментального и численного исследования КМС для симметричного тройника на слияние и несимметричного на разделение можно сделать вывод о важности подробной вали-

дации – сравнения получаемых численно результатов с данными разных авторов – экспериментальных, численных и аналитических. Правильно валидированная компьютерная модель далее позволит более подробно исследовать возникающее в тройнике течения с определением очертаний возникающих в нем отрывных зон, которые затем могут быть использованы для разработки энергоэффективной профилированной конструкции тройников.

Литература

1. *Dilgen C. B., Dilgen S. B., Fuhrman D. R., Sigmund O., Lazarov B. S.* Topology optimization of turbulent flows // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. 2018. (331). С. 363–393. DOI:10.1016/j.cma.2017.11.029.
2. *Courtais A., Lesage F., Privat Y., Frey P., Latifi A. Razak.* Adjoint system method in shape optimization of some typical fluid flow patterns // *Computer Aided Chemical Engineering*. 2019. (46). С. 871–876. DOI:10.1016/B978-0-12-818634-3.50146-6.
3. *Li A., Chen X., Chen L.* Numerical investigations on effects of seven drag reduction components in elbow and T-junction close-coupled pipes // *Building Services Engineering Research and Technology*. 2015. № 3(36). С. 295–310. DOI:10.1177/0143624414541453.
4. *Gao R., Zhang H., Li A., Liu K., Yu S., Deng B., Wen S., Li A., Zhang H., Du W., Deng B.* A novel low-resistance duct tee emulating a river course // *Building and Environment*. 2018. № June(144). С. 295–304. DOI:10.1016/j.buildenv.2018.08.034.
5. *Gao R., Liu K., Li A., Fang Z., Yang Z., Cong B.* Biomimetic duct tee for reducing the local resistance of a ventilation and air-conditioning system // *Building and Environment*. 2018. (129). С. 130–141. DOI:10.1016/j.buildenv.2017.11.023.
6. Соединительный фасонный элемент с профилирующими вставками : пат. 2604264 Рос. Федерация : МПК F16L 43/00, МПК F16L 25/14 / Зиганшин А.М., Алещенко И.С., Зиганшин М.Г. и др. ; заявитель и патентообладатель: Казанский гос. арх.-строит. университет. – №2014137755/06 ; заявл. 17.09.14 ; опубл. 10.12.16, Бюл. № 34. – 13 с.
7. *Зиганшин А. М., Беляева Е. Э., Соколов В. А.* Снижение потерь давления при профилировании острого отвода и отвода с нишей // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2017. №1. С. 108–116.
8. *Зиганшин А. М., Озеров А. О., Солодова Е. Э.* Численное исследование течения в П-образном отводе и снижение его сопротивления // *Известия вузов. Строительство*. 2019. №. 1. С. 82–93. DOI:10.32683/0536-1052-2019-721-1-82-93.

9. *Logachev K. I., Ziganshin A. M., Averkova O. A.* On the resistance of a round exhaust hood, shaped by outlines of the vortex zones occurring at its inlet // *Building and Environment*. 2019. (151). С. 338–347. DOI:10.1016/j.buildenv.2019.01.039.

10. *Зиганшин А. М., Наумов Т. А.* Повышение энергоэффективности вентиляционного фасонного элемента в виде внезапного расширения // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2019. № 6. С. 53–65. doi: 10.32683/0536-1052-2019-726-6-53-65.

11. *Зиганшин А. М., Бадыкова Л. Н.* Численное моделирование течения в профилированном вентиляционном тройнике на слияние // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2017. №6. С. 41–48.

12. *Идельчик И. Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М: Машиностроение, 1992. 672 с.

13. *Зиганшин А. М, Сафиуллина Г. Р.* Компьютерная модель течения в симметричном тройнике на слияние – равносторонняя геометрия // *Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика*. Екатеринбург: УрФУ, 2019. С. 341-344.

14. *Rennels D. C., Hudson H. M.* Pipe Flow // *Pipe Flow: A Practical and Comprehensive Guide*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012. 320p.

15. *Gardel A.* Les pertes de charge dans les écoulements au travers de branchements en té // *Bulletin Technique de la Suisse Romande*. 1957. (83). С. 143–148. DOI:10.5169/seals-70882.

16. *Бадыкова Л. Н., Беляева Е. Э., Гимадиева Г. А.* Испытание установки для исследования эффективных вентиляционных фасонных деталей // *Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. Воронеж: Воронежский государственный технический университет*, 2017. С. 25–34.

17. *Ибрагимова А. Р., Валиулов Р. Р., Зиганшин А. М.* Течение в тройнике на разделение – симметричном и несимметричном. // *Энерго-и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика*. Екатеринбург: УрФУ, 2019. С. 155–159.

УДК 697

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

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

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ AUDYTOR OZC, SET В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

EXPERIENCE IN USING AUDYTOR OZC, SET IN THE COURSE DESIGN OF HEATING SYSTEMS

В статье описана последовательность проектирования системы отопления. Выявлены плюсы и минусы использования программного комплекса Audytor, описаны особенности расчета тепловых потерь и подбора арматуры, также сравниваются преимущества и недостатки с Autodesk Revit. Рассмотрены особенности оформления чертежей в соответствии с нормативной документацией. На основании анализа сделан вывод о преимуществе проектирования с помощью Audytor, сделан вывод о высокой конкурентоспособности, по отношению к тем, кто не использует современные методы проектирования. Также обозначены некоторые критерии, по которым оценивается компетентность современного проектировщика.

Ключевые слова: программный комплекс, проектирование, Audytor, системы отопления, потери теплоты

The article describes the sequence of designing a heating system. The pros and cons of using the audytor software package are identified, the features of calculating heat losses and fitting selection are described, and the advantages and disadvantages are compared with Autodesk Revit. The features of the design of the drawings in accordance with the regulatory documentation are considered. Based on the analysis, a conclusion was made about the advantage of designing with audytor, a conclusion was made about high competitiveness in relation to those who do not use modern design methods. Some criteria are also indicated by which the competence of a modern designer is evaluated.

Keywords: software package, designing, Audytor, heating systems, heat losses.

В современном мире процессы проектирования автоматизируются и объединяются в единое программное обеспечение. Уходя от традиционных методов расчета и проектирования, данные программы сокращают время на работу, увеличивая производительность труда проектировщика.

Все больше компаний переходят на программные комплексы Revit Autodesk, Audytor, Dynamo, Linear, понимая преимущества комплексного подхода к проектированию. Компания Sankom одна из первых оптимизировала процесс проектирования систем отопления, холодоснабжения, теплоснабжения. В рамках курсового проекта учебной дисциплины «Современные системы теплогазоснабжения и вентиляции» студенты работают в программах Audytor OZC, Audytor Set. Функционал программ велик, они определяют потери теплоты помещений, выполняют гидравлический расчет систем отопления.

Перед началом проектирования системы отопления производится расчет потерь теплоты в Audytor OZC. Программный расчет отличается от ручного, упрощенный вариант не учитывает коэффициент теплотехнической однородности, но за счет выбора вариантов крепления слоев ограждения конструкции, можно добиться корректного значения [1]. Также программа поддерживает только файлы формата «DWG» версии 2000 года AutoCAD при загрузке подложки и дальнейшей прорисовки архитектуры.

После импорта 3D-модели файл с архитектурой и теплопотерями выгружается в Audytor Set. Перед началом проектирования задается тип трубопроводов (электросварные трубы [2], водогазопроводные трубы [3] и т. д.), отопительных приборов (панельно-стальные, конвекторы, биметаллические и т. д.). В конечном итоге расчета, если потери давления будут превышать нормативное значение, то можно поменять тип труб, тип радиаторов, подобрать балансировочную арматуру и провести расчеты повторно. Также программа предусматривает различные фирмы производителей радиаторов, труб, запорной, регулирующей арматуры и т. д.

Широкий функционал позволяет проектировать однотрубные, двухтрубные системы; с верхней и с нижней разводкой; с попутным и тупиковым движением теплоносителя; с горизонтальной и вертикальной разводкой, а также увязать систему балансировочной арматурой.

Программа предусматривает различные способы подключения отопительных приборов к трубопроводам: нижнее (через Г и Т-образные трубки, узлы нижнего подключения), боковое. Но Audytor Set не предусматривает 3D-модели узла подключения как Autodesk Revit [4] (рис 1, 2).

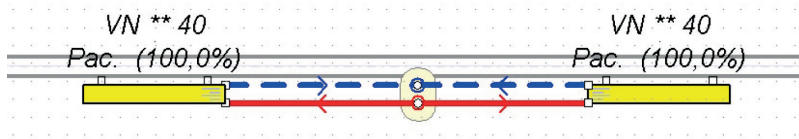


Рис. 1. Подключение панельно-стальных радиаторов

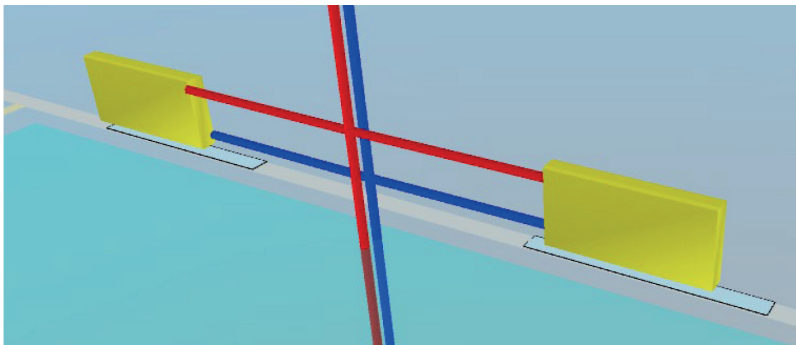


Рис. 2. Вертикальная система отопления

Для ускорения работы Audytor Set предусматривает автоматическую расстановку отопительных приборов под оконными проемами (рис. 3), а также автоматическое присоединение приборов к трубопроводам.

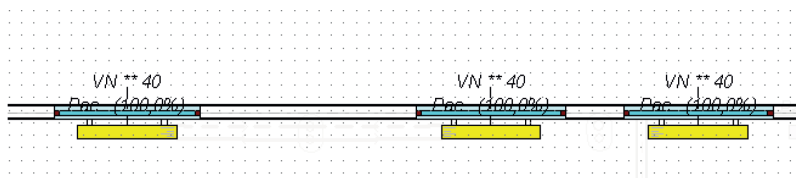


Рис. 3. Расстановка отопительных приборов

Важным преимуществом программы является расчет гидравлики и последующая увязка циркуляционных колец системы отопления, так как после расчетов программа оперативно реагирует на все избытки, показывая числовой показатель, предлагая решение по установке балансировочной арматуры.

Предусматривается установка термостатических, балансировочных клапанов различных производителей. При выборе арматуры из каталога производителя, учитывается коэффициент пропускной способности K_v , который рассчитывается на основании перепада давления и расхода на участке трубопровода.

Один из ключевых этапов курсового проектирования является оформление документации. Программа позволяет настроить шрифт в соответствии с требованиями [5] для маркировки трубопроводов, коллекторов, арматуры. Также автоматически создается аксонометрическая схема. Интерфейс Audytor Set, Audytor OZC дает возможность автоматического создания сводных таблиц с теплопотерями по помещениям, спецификации с используемым оборудованием. Но, к сожалению, программа не дает возможность вывести чертежи на листы, что немного затрудняет процесс оформления. Для оформления производится перевод планов, аксонометрических схем в Autocad с последующим редактированием (рис. 4).

На основании перечисленных возможностей программы проектировщик может принять рациональное, экономическое решение. Каталог позволяет использовать различных производителей трубопроводов, отопительных приборов, арматуры, фитингов.

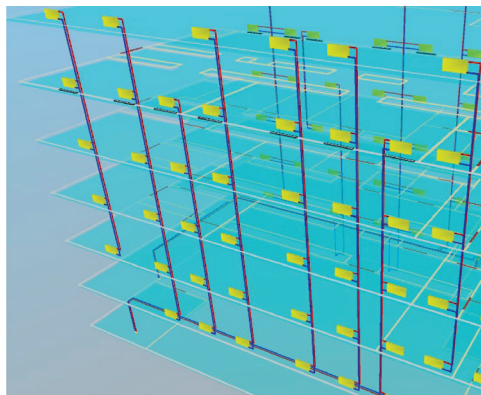


Рис. 4. 3D-модель системы отопления

Можно сделать вывод, что использование Audytor OZC, Audytor Set в рамках курсового проектирования дает возможность студентам сравнить различные подходы и методы проектирования, учесть все нюансы, недочеты, погрешности традиционных и современных методов. Но для изучения всего спектра возможностей программ учебного времени не хватает, поэтому студентам приходится уделять внимание изучению в свободное время.

В настоящий момент конкурентоспособность специалиста оценивается по многим критериям. Одним из которых является умение работать в современном различном программном софте, который помогает оценить стремление сотрудника к развитию и гибкому мышлению. Поэтому важно не только усилие образовательной организации вырастить компетентных специалистов, но и желание самого студента соответствовать реалиям нынешнего рынка труда.

Литература

1. Усенко В. В., Суханова И. И. Определение тепловых потерь через наружное ограждение в современных программных комплексах // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018а. С. 152–155.

2. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент (с Изменением N 1)
3. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия (с Изменениями N1,2,3,4,5,6).
4. *Суханов К. О., Бардадым В. Ю., Попов В. Ю.* Анализ способов подключения отопительных приборов при проектировании в Revit // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской науч.-практич. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2018а. С. 155–159.
5. ГОСТ 21.602-2016 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования. М.: Стандартинформ., 2016. 47 с.

УДК 697.957

Александр Игоревич Ляховский,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ascoline3@mail.ru

Alexander Igorevich Lyakhovsky,
student
(Saint Petexrsburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ascoline3@mail.ru

МЕТОДЫ РАСЧЁТА НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СТРУЙ

CALCULATION METHODS FOR NON-ISOTHERMAL VENTILATION JETS

Расчёт воздухораспределения важная составляющая при проектировании систем вентиляции, так как от его точности зависит эффективность спроектированной системы вентиляции. Для правильности расчёта воздухораспределения необходимо учитывать течения струй в помещении, то есть знать их характеристики (траектория, скорость, температура). В наше время существуют несколько методов расчёта этих характеристик. Различают струи изотермические и неизотермические. Струю называют изотермической, если температура во всем объеме ее одинакова и равна температуре окружающего воздуха. В большинстве случаев воздух подаётся в помещение с помощью неизотермической струи – то есть струи воздуха с температурой отличной от температуры окружающей среды. В статье приводятся методы расчёта горизонтальных неизотермических струй, подаваемые в помещение через круглый воздуховод, и сравнение результатов расчёта, с результатами полученных в ходе лабораторных испытаний.

Ключевые слова: воздухораспределение, течение, неизотермические горизонтальные вентиляционные струи, траектория струи, компактные струи, воздушный фонтан.

The calculation of air distribution is an important component in the design of ventilation systems, since the efficiency of the designed ventilation system depends on its accuracy. For the correct calculation of air distribution, it is necessary to take into account the flow of jets into the room, that is, to know their characteristics (trajectory, speed, temperature). Nowadays, there are several methods for calculating these characteristics. Distinguish between isothermal and non-isothermal jets. A jet is called isothermal if the temperature in the whole volume is the same and equal to the temperature of the surrounding air. In most cases, air is supplied to the room us-

ing a non-isothermal jet - that is, a jet of air with a temperature different from the ambient temperature. The article provides methods for calculating horizontal non-isothermal jets fed into the room through a round duct, and comparing the calculation results with the results obtained in laboratory tests.

Keywords: air distribution, flow, horizontal nonisothermal ventilation jets, jet path, compact jets, air fountain.

Введение

Основной задачей, которая обычно ставится при проектировании системы вентиляции, является определение такой траектории струи, которая в заданной точке или области пространства имела бы требуемые физические параметры.

Различают струи изотермические и неизотермические. Струю называют изотермической, если температура во всем объеме ее одинакова и равна температуре окружающего воздуха. В большинстве случаев воздух подается в помещение с помощью неизотермической струи – то есть струи воздуха с температурой отличной от температуры окружающей среды.

Неизотермические струи могут быть горячими, если их температура больше температуры среды, и холодными, если их температура меньше температуры среды. Так как в первом случае струя распространяется в более плотной среде, а во втором случае плотность струи больше плотности среды, скорость распространения горячей струи уменьшается быстрее, чем скорость холодной, и расстояние, на котором струя рассеивается, в первом случае меньше, чем во втором. Вследствие различных плотностей подаваемого и внутреннего воздуха в образующихся струях возникают гравитационные (архимедовы) силы, которые влияют на параметры данной струи. В случае горизонтального или наклонного истечения неизотермичной струи гравитационные силы постепенно отклоняют нагретую струю вверх, а охлажденную – вниз от направления подачи воздуха и придают ей характерную изогнутую форму. В случае вертикальной подачи нагретого или охлажденного воздуха гравитационные силы увеличивают или уменьшают естественное торможение неизотермической струи.

Обзор произведенных ранее исследований

Изучением закономерностей развития неизотермической горизонтальной приточной струи занимались многие учёные, в том числе: И. А. Шепелев, М. И. Гримитлин, В. Н. Посохин, В. И. Полушкин и другие.

Чаще всего для нахождения траектории, скорости и перепада температуры неизотермической воздушной струи используют метод расчёта предложенный И. А. Шепелевым или М. И. Гримитлиным. Рассмотрим эти два метода на примере компактных струй. В [1] И. А. Шепелев предлагает рассчитывать компактную неизотермическую струю, которую в своей книге он называет воздушным фонтаном, через геометрическую характеристику:

- для компактных, конических и веерных струй:

$$H = \sqrt{\frac{m^2 T_{\text{окр}} V_0^2 \sqrt{F_0}}{n g \Delta t_0}}, \quad (1)$$

- для плоских струй:

$$H = \sqrt[3]{b_0 \cdot T_{\text{окр}}^2 \frac{(m \cdot V_0)^4}{(n \cdot \Delta t_0 \cdot g)^2}}, \quad (2)$$

где m , n – соответственно коэффициенты, характеризующие изменение скорости и избыточной температуры в струях, выпускаемые через различные приточные отверстия; b_0 – полувысота щелевого отверстия (или радиус круглого отверстия для осесимметричной струи); $T_{\text{окр}}$ – температура воздуха в помещении, К; g – ускорение свободного падения, м/с²; V_0 – скорость воздуха в сечение воздуховыпускающего устройства, м/с; F_0 – площадь воздуховыпускающего устройства, м²; Δt_0 – рабочая разность температур внутреннего и приточного воздуха, К.

Геометрическая характеристика представляет собой линейный размер, которым однозначно измеряются все характерные разме-

ры неизотермической струи и определяется начальными условиями струи. Тогда уравнение траектория движения для наклонной компактной струи определяется с помощью функции от горизонтальной координаты x :

$$y = x \operatorname{tg} \alpha \pm \frac{x^3}{3H^2 \cos^3 \alpha}. \quad (3)$$

При горизонтальном истечении угол $\alpha = 0$, тогда уравнение будет иметь вид:

$$y = \pm \frac{x^3}{3H^2}. \quad (4)$$

В формулах (3) и (4) знак «плюс» соответствует подаче теплого воздуха, знак «минус» – подаче холодного воздуха.

Также И. А. Шепелев даёт формулы для расчёта:

- максимальной скорости движения воздуха на оси наклонной компактной неизотермической струи, подаваемой горизонтально

$$V_x = \frac{mV_0 \sqrt{F_0} \cos \alpha}{x} \sqrt{\cos^2 \alpha + \left[\sin \alpha + \left(\frac{x}{H \cos \alpha} \right)^2 \right]^2}. \quad (5)$$

При горизонтальном истечении уравнение имеет вид:

$$V_x = \frac{mV_0 \sqrt{F_0}}{x} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{x}{H} \right)^4}. \quad (6)$$

- разницы между температурой воздуха на оси этой струи и внутренней температурой воздуха.

$$\Delta t_x = \frac{n\Delta t_0 \sqrt{F_0}}{x}. \quad (7)$$

Приведенные формулы были получены И. А. Шепелевым аналитическим способом для свободных неизотермических струй.

В [2] М. И. Гримитлин для описания неизотермичной струи использует изменение соотношения между гравитационными и инерционными силами в струях по мере удаления от приточного отверстия. Влияние гравитационных сил на поведение струи охарактеризовано автором с помощью текущего критерия Архимеда:

- для компактных, конических и веерных струй:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{\sqrt{F_0}} \right)^2, \quad (8)$$

где F_0 – площадь живого сечения воздуховыпускающего устройства, м²; x – горизонтальная характеристика струи; Ar_0 – критерий Архимеда в начальном сечении, который равен:

$$Ar_0 = \frac{gd_0\Delta t_0}{V_0^2 T_{\text{окр}}}, \quad (9)$$

где d_0 – диаметр приточного отверстия, м.

- для плоских струй:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{b_0} \right)^{3/2}, \quad (10)$$

где Ar_0 – критерий Архимеда в начальном сечении для плоской струи, который равен:

$$Ar_0 = g \frac{b_0 \Delta T_0}{V_0^2 T_{\text{окр}}}, \quad (11)$$

В [3] тем же автором приведена ещё одна формула нахождения текущего критерия Архимеда для осесимметричной струи:

$$Ar_x = \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{d_0} \right)^2, \quad (12)$$

Данная формула не совпадает с формулой (8) тем, что вместо площади приточного сечения $\sqrt{F_0}$ в ней используется диаметр этого сечения d_0 . М. И. Гримитлин предлагает ещё одну формула для расчёта текущего критерия Архимеда Ar_x , которую можно получить, подставив в (8) уравнения для m , n и Ar_0 :

$$Ar_x = \frac{gx \Delta T_x}{V_x^2 T_{\text{окр}}}, \quad (13)$$

С помощью текущего критерия Архимеда автор [3] так же предлагает оценивать степень неизотермичности. При значениях $Ar_x \leq 0,1$ для осесимметричных струй и $Ar_x \leq 0,15$ для плоских струй можно не учитывать неизотермичность. При значениях Ar_x выше указанных расчёт приточных вентиляционных струй производится с учётом действия гравитационных сил.

М. И. Гримитлин в [2] пишет, что определяющим параметром в неизотермических струях является текущий критерий, тогда уравнение траектории, можно представить в следующем виде:

$$y = k Ar_x \cdot x, \quad (14)$$

где k – коэффициент пропорциональности, определяемый на основе обработки экспериментальных данных (для осесимметричных струй 0,6, а для плоских 0,7). После подстановки уравнения текущего критерия Архимеда и значений коэффициентов пропорциональности, определенных из опытов, получим развернутое уравнение траектории неизотермической струи:

– для осесимметричных струй:

$$\frac{y}{d_0} = 0,6 \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{d_0} \right)^3, \quad (15)$$

– для плоских струй:

$$\frac{y}{b_0} = 0,7 \frac{n}{m^2} Ar_0 \left(\frac{x}{d_0} \right)^{5/2}, \quad (16)$$

При горизонтальной подаче приточного охлажденного или нагретого воздуха осевые скорости не увеличиваются по сравнению с изотермическими струями и поэтому скорость струи и перепад температур в [3] М.И. Гримитлин советует определять точно так же, как и для изотермической струи по формулам 9 и 6:

$$V_x = \frac{mV_0\sqrt{F_0}}{x}. \quad (17)$$

Полученные в работе М.И. Гримитлином аналитические зависимости были подтверждены экспериментальными исследованиями на модели помещения и в производственных цехах.

Следует отметить, что автор в [2], [3] ошибочно пишет, что текущий критерий Архимеда охарактеризовывает соотношение между гравитационными и инерционными силами в неизотерми-

ческой струе. Законы физики гласят, что на неизоотермическую воздушную струю действуют силы сопротивления и Архимеда, никакой инерционной силы на струю не действует.

В [4] автор, рассчитывая выведенную им систему уравнений, получает уравнение для траектории компактной неизоотермической струи:

$$\bar{y} \approx \bar{t} \sin \alpha_o + \frac{\bar{t}^3}{3} + \frac{\sin \alpha_o}{12} \bar{t}^5 + \frac{41 + \cos 2\alpha_o}{2520} \bar{t}^7, \quad (18)$$

где $\bar{y} = \frac{y}{H}$, $\bar{t} = \frac{x}{H \cos \alpha}$.

При горизонтальном истечении угол $\alpha = 0$, тогда уравнение будет иметь вид:

$$y = \frac{x^3}{3H^2} + \frac{42x^7}{2520 \cdot H^6}. \quad (19)$$

Посохин предлагает определять осевые параметра в искривленной струе путем введения поправок на влияние архимедовых сил к параметрам струи, распространяющейся прямолинейно.

$$V_x = \frac{mV_0 \sqrt{F_0}}{t} \sigma_1(\bar{t}); \quad (20)$$

$$\Delta t_x = \frac{n \Delta t_o \sqrt{F_0}}{t} \sigma_2(\bar{t}), \quad (21)$$

где значения $\sigma_1(\bar{t})$ и $\sigma_2(\bar{t})$ определяются по рис. 2.6–2.7 [3].

Если влияние архимедовых сил незначительно, то

$$\sigma_1(\bar{t}) = \sigma_2(\bar{t}) = 1,$$

а ось струи остается прямолинейной. При горизонтальном истечении значение параметра t равно горизонтальной координате x .

Автор [5] считает, что для рассматриваемой компактной неизотермичной струи наиболее интересным представляется её траектория, которая будет вызвана действием гравитационных сил и предлагает своё уравнение для её определения через критерий Архимеда.

$$\frac{y}{x^3} = 9,85 \cdot 10^{-5} Ar_0^{-1}. \quad (22)$$

Анализ существующих методик расчета воздушораспределения

Выше упомянутый обзор позволяет выделить некоторые исследования, результаты которых на сегодняшний день имеют широкое применение в практике проектирования систем вентиляции: аналитические исследования И. А. Шепелева и М. Д. Тарнопольского, аналитические исследования и обработка результатов М. И. Гримитлина и Г. М. Позина, аналитические и натурные исследования А. М. Гримитлина, исследования и обработка результатов.

Для сравнения предлагаемых вышеупомянутыми авторами методик, проанализируем их по способам расчета геометрических и кинематических параметров горизонтальной неизотермической струи.

Сравнивая формулы (1) с (8), предложенные в И. А. Шепелевым и Гримитлиным, можно получить следующие соотношения между критериями Архимеда и геометрической характеристикой компактной струи:

$$Ar_0 = \frac{m^2}{n} \frac{F_0}{H^2}, \quad (23)$$

$$Ar_x = \left(\frac{x}{H} \right)^2. \quad (24)$$

Соотношения для плоской струи соответствующие соотношения можно вывести, сравнивая (2) с (10):

$$Ar_0 = \frac{m^2}{n} \left(\frac{b_0}{H} \right)^{3/2}, \quad (25)$$

$$Ar_x = \left(\frac{x}{H} \right)^{3/2}. \quad (26)$$

Покажем, что значения H и Ar_x компактной струи не зависят от F_0 . Выразим безразмерные коэффициенты m и n :

$$m = \frac{x}{\sqrt{F_0}} \frac{V_x}{V_0} = \frac{xV_x\sqrt{F_0}}{L_0} = const \cdot F_0^{1/2},$$

$$n = \frac{x}{\sqrt{F_0}} \frac{\Delta T_x}{\Delta T_0} const \cdot F_0^{-1/2}$$

получаем

$$H = \sqrt{\frac{m^2 T_{\text{окр}} V_0^2 \sqrt{F_0}}{n g \Delta T_0}} = \sqrt{\frac{m^2 T_{\text{окр}} L_0^2 \sqrt{F_0}}{n g F_0^2 \Delta T_0}} =$$

$$= const \cdot F_0^{1/2} F_0^{1/4} F_0^{1/4} F_0^{-1} = const.$$

Здесь $const$ – это множитель, независящий от F_0 . Из формулы (23) следует, что Ar_x компактной струи также не зависит от F_0 ; этот же вывод можно сделать непосредственно из (13). Т. е. значение площади, которую мы выбираем в качестве F_0 , не влияет на значения H и Ar_x при условии, что m и n определяются через это же значение F_0 .

В [2], приведена следующая формула, связывающая H и Ar_x

компактной струи $H = \frac{x}{0,9\sqrt{Ar_x}}$. В [3] приведена аналогичная формула $Ar_x = 1,2 \left(\frac{x}{H} \right)^2$. Данные формулы отличаются от фор-

мулы (24), полученной непосредственно из определений H и Ar_x , коэффициентом отличным от единицы. Возможно, наличие данного коэффициента связано с определением Ar_x , через d_0 (12), а не через $\sqrt{F_0}$ (8), т. к. $F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$. Но выше показано, что Ar_x не зависит от F_0 . Т.е. коэффициент в обсуждаемых соотношениях между Ar_x и H может отличаться от единицы если при определении коэффициентов m , n и Ar_x , H использовать разные значения для F_0 в пределах одной формулы, что является нелогичным и непоследовательным. В любом случае, представляется неоправданным использование коэффициента отличного от единицы в формулах, связывающих Ar_x и H компактной струи, т.е. для указанных соотношений следует использовать формулу (24), полученную непосредственно из определений Ar_x и H .

Рассматривая неизотермическую компактную струю, истекающую под углом α к горизонту (рис 1). В [1] выводится формула (3) для траектории струи $y(x)$, т. е. для зависимости вертикальной координаты оси струи y от горизонтальной координаты оси струи x :

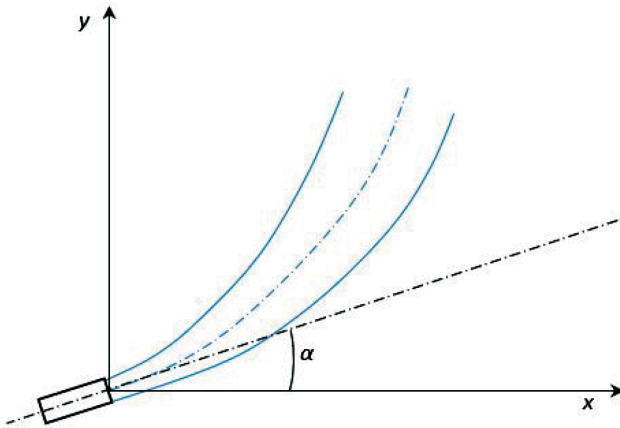


Рис. 1. Схема истечения нагретой струи под углом к горизонту

Сравним формулы (3) и (15). Для горизонтальной подачи ($\alpha = 0^\circ$) формула (3) примет вид:

$$y = \frac{n}{3m^2} \frac{g}{T_{\text{окр}}} \frac{\Delta T_0 x^3}{V_0^2 \sqrt{F_0}}.$$

После подстановки выражения (9) в (15) получим:

$$y = 0,6 \frac{n}{m^2} \frac{g \Delta T_0}{T_{\text{окр}} V_0^2} \frac{x^3}{\sqrt{F_0}}.$$

Сравнивая полученные формулы, приходим к следующему выражению:

$$y = \frac{x^3}{\sqrt{F_0}} \frac{n}{m^2} \frac{g \Delta T_0}{T_{\text{окр}} V_0^2} \cdot \begin{cases} \frac{1}{3} - \text{Шепелев И. А.} \\ 0,6 - \text{Гримитлин М. И.} \end{cases} \quad (27)$$

Из (27) следует, что значения вертикального отклонения неизотермической компактной струи при горизонтальной подаче, вычисленные по формуле (3), предложенной в [1], и по формуле (15), предложенной в [2], различаются в 1,8 раз. Такое значительное отличие никак не комментируется в профильной литературе, что выглядит довольно странно, учитывая широкое применение неизотермических приточных струй в вентиляции.

Результаты теоретического расчёта и лабораторных испытаний

Для сравнения и анализа результатов расчета по формулам различных авторов, приведем пример расчета траектории компактной неизотермической вентиляционной струи по формулам (4), (15), (19), (22), для одних и тех же исходных данных (табл. 1). Результат расчета представлен в графическом виде (рис. 2).

Таблица 1

Исходные данные лабораторных испытаний

| Параметр | Ед.изм | Величина |
|---|-------------------|----------|
| Коэффициент, характеризующий изменения скорости в струях, m | – | 6,7 |
| Коэффициент, характеризующий изменения избыточной температуры в струях, n | – | 5,7 |
| Расход приточной струи, L | м ³ /с | 101 |
| Скорость воздуха в сечении воздуховыпускающего устройства, V_0 | м/с | 3,572 |
| Площадь воздуховыпускающего устройства, F_0 | м ² | 0,008 |
| Площадь воздуховыпускающего устройства, d_0 | м | 0,1 |
| Температура воздуха в помещении, $T_{\text{окр}}$ | К | 288,1 |
| Рабочая разность температур внутреннего и приточного воздуха, Δt_0 | К | 19,5 |

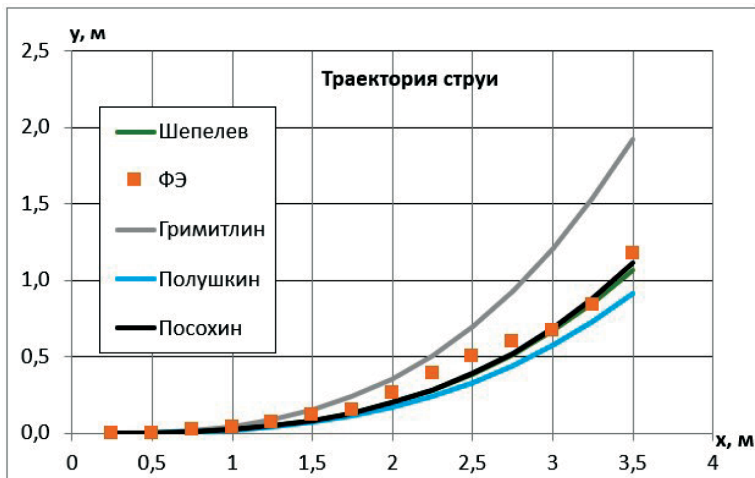


Рис. 2. Траектория неизоотермической компактной струи

Где ФЭ – физический эксперимент или лабораторные испытания, проводимые на аэродинамическом стенде.

Анализ полученный данных позволяет сделать вывод о том, что существует расхождение в результатах теоретических расчётов и лабораторных испытаний. Подводя итог вышесказанному можно сделать вывод, что нет единой методики для расчета неизотермических вентиляционных струй необходимо провести численный эксперимент с дополнительным исследованием и выяснить какая из предложенных методик является более точной.

Литература

1. *Шепелев И. А.* Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – Москва : Стройиздат, 1978. – 144 с.
2. *Гримитлин М. И.* Распределение воздуха в помещениях. – Санкт-Петербург : АВОК Северо-Запад, 2004. – издание 3-е : 320 с.
3. *Гримитлин М. И., Тимофеева О. Н., Эльтерман Е. М., Эльянов Л. С.* Вентиляция и отопление цехов судостроительных заводов. — Ленинград : Судостроение, 1978. — 240 с.
4. *Посохин В. Н.* Аэродинамика вентиляции. — Москва : АВОК-ПРЕСС, 2008. – 212 с.
5. *Полушкин В. И.* Отопление: учебник / В. И. Полушкин, С. М. Анисимов, В. Ф. Васильев, А. Ф. Смирнов, И. И. Суханова. – М: Издательский центр «Академия», 2010. – 256 с.
6. *Внутренние санитарно-технические устройства / Под ред. Павлов Н. Н., Шиллер Ю. И.* – Москва : Стройиздат, 1992. – Т. 3.2 : 3 : 416 с.

УДК 697.93

Алена Сергеевна Марченкова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: marchenkova1995@bk.ru

Alena Sergeevna Marchenkova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: marchenkova1995@bk.ru

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА МУЗЕЙНЫХ ЗДАНИЙ

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE MICROCLIMATE OF MUSEUM BUILDINGS

Задача сохранения музейных коллекций сложная и включает в себя много конкретных проблем. Прежде всего это вопросы о совокупности специальных мер, направленных на улучшение условий, в которых находятся художественные и исторические ценности, для обеспечения их долговременной сохранности. Где бы ни находился экспонат – в запаснике, на временной выставке или в пути следования к ней, – везде необходимо создавать условия, гарантирующие его сохранность.

Основное направление решения этой задачи – создание условий хранения, к которым относятся в первую очередь состояние окружающей среды – температуру, влажность, подвижность воздуха в помещении, газовый и аэрозольный его состав, естественный и искусственный свет, то есть те факторы, которые составляют, по принятой в музейной практике терминологии, климат или микроклимат музейных помещений.

В настоящее время отсутствует современные стандарты для проектирования систем микроклимата музеев, и проекты осуществляются по заграничным разработкам или рекомендациям прошлого века.

Ключевые слова: микроклимат музеев, влажность, музейные коллекции, сохранение наследия, особенности музейных зданий.

The task of preserving Museum collections is complex and involves many specific problems. First of all, these are questions about a set of special measures aimed at improving the conditions in which artistic and historical values are located, in order to ensure their long-term preservation. Wherever an exhibit is located – in a storeroom, at a temporary exhibition, or on its way to it – it is necessary to create conditions that guarantee its safety.

The main direction of solving this problem is to create storage conditions, which primarily include the state of the environment – temperature, humidity, air mobility in

the room, its gas and aerosol composition, natural and artificial light, that is, those factors that make up, according to the terminology accepted in Museum practice, the climate or microclimate of Museum premises.

Currently, there are no modern standards for the design of microclimate systems in museums, and projects are carried out based on foreign developments or recommendations of the last century.

Keywords: microclimate of museums, humidity, temperature regime, Museum collections, preservation of heritage.

Особенности архитектурно-строительного исполнения музея имеют огромное значение в создании условий, необходимых для хранения различных музейных ценностей. На создание необходимого микроклимата влияют не только особенности конструктивного исполнения здания, но и строительные материалы, их физические свойства, а также климатические параметры местности, где расположено здание, его ориентация и расположение в городской среде, размеры остекления и то, как оно будет использоваться во время эксплуатации. В наше время для музеев используют как новые здания, заранее спроектированные для музейных нужд, которые могут обеспечить требуемые условия без значительных сложностей, так и адаптируют уже существующие строения, имевших совершенно разнообразное предназначение при строительстве, что создает трудности при реконструкции инженерных систем в них. Большое количество параметров, которые требуется учесть при проектировании, накладывает на проектировщика систем ОВК определенные обязательства в изучении не только требуемых условий для хранения музейных коллекций, но и исторического опыта в выполнении этой задачи.

Достаточно часто в качестве музейных зданий используются жилые особняки постройки конца XVIII, начала XIX, середины XIX и начала XX вв [1]. Такие здания расположены непосредственно в городе и имеют небольшую этажность. Подвалы таких построек используют для хранения выставочных экспонатов. Ограждающие конструкции обычно выполнены из таких материалов как кирпич или древесина и, как правило, стены оштук-

катурены в один-два слоя внутри и снаружи. Некоторые здания, например, в южной части нашей страны, построены из материалов, характерных только для конкретной местности, например, из ракушечника. При реконструкции и проектировании инженерных систем в таких зданиях не всегда возможно использование современных и экономически выгодных решений, иногда приходится идти на определенные уступки, чтобы не только выполнить первостепенную задачу по обеспечению микроклимата в помещении, но и сохранить архитектурные особенности зданий.

Строения дворцового типа XVIII-XIX веков обычно располагаются на открытых городских площадях или же за пределами города. Они также имеют сравнительно невысокую этажность (до 4-ех этажей) и подвал, используемый для хранения музейного фонда, а также чердаки. Место размещения оборудования и приспособления помещений для выставочных залов в таких зданиях определяется возможностями и условиями несущих конструкций.

В отдельную категорию зданий следует объединить светские и монастырские палаты, которые зачастую бывают расположены либо посреди других застроек иного назначения, либо в монастырских комплексах, окруженных стенами, непосредственно влияющими на внутренние параметры в рассматриваемых помещениях. Здания в объеме составляют до 5000 м³, выполнены порой из уже неприменяемых видов кирпича, иногда с использованием камня, обычно присутствуют массивные стены до 2м и небольшие оконные проемы с маленькой площадью остекления (примерно до 5–6% от площади стен). Особенности архитектурного исполнения оказывают влияние на выбор оборудования и стоимость проектируемых систем.

Здания, специально запроектированные для музеев, условно делятся в зависимости от времён их постройки:

- Здания музеев, построенные в XIX, начале XX вв.;
- Здания музеев, построенные в 1950–1980 гг.

Здания, представленные в первой группе, расположены обычно в зонах, обустроенных для отдыха, например, скверах или пло-

щадах. Большие по объёму – от 6000 м³ до 30000 м³, построены из кирпича, толщина наружных стен не превышает, как правило, 1 м. В таких зданиях очень часто большая площадь остекления, составляющая до 30% от всей площади ограждающих конструкций, может стать причиной появления избытков теплоты в здании и ухудшения условий хранения экспонатов. Требования к строительству различных типов зданий и к качеству материалов значительно изменились со времени их постройки, а также появилось более высокоточное оборудование. Это же касается и зданий, которые были построены хоть и для музейных нужд, но достаточно давно. Помимо возможности использования в них более совершенного оборудования, зачастую возникает необходимость обновления систем ввиду истечения их срока службы. Тем не менее, не всегда в таких зданиях возможно использование современных систем.

Отличительной особенностью этих зданий является практически обязательное наличие световых фонарей в экспозиционных залах на верхних этажах. Полы из досок или паркетные, в подвальных этажах часто каменные, могут быть выполнены из мозаики, либо из цемента с покрытием из досок. В здании имеется обычно не более 4-ех экспозиционных этажа и большой цокольный этаж, помещения которого чаще всего используются для хранения фондов [1].

По схеме устройства внутреннего пространства такие здания можно условно классифицировать на два типа. В первом типе ключевое значение имеет вестибюль большого размера и занимающая достаточную площадь парадная лестница, вокруг которой группируются другие выставочные помещения. Такой своеобразный «колодец», связывающий между собой все этажи и постоянно общающийся через главный вход с улицей, оказывает большое влияние на внутренние параметры воздуха. Постройки другого типа, в исполнении интерьера которых лестничный проём не имеет доминирующего значения, более сложны и разнообразны по планировке, внутреннее пространство имеет более замкнутый характер, в конструкциях часто присутствуют анфилады экспозиционных за-

лов с большими площадями и объёмами. Сложность исполнения внутреннего пространства также накладывает на проектировщика определенные ограничения и порой требует необходимости проектирования более протяженных и дорогостоящих систем.

Следует отдельное внимание уделить зданиям XX века, построенные для самых различных целей, а затем отданные под нужды музея: типовые здания школ, дома культуры, политпросвещения, административные и т. д. Часто вместе с музеем в них размещены и другие организации, деятельность которых может создавать определенные трудности для такого «соседства». Сами такие здания зачастую выполнены из кирпича, до пяти этажей. Они имеют довольно большую площадь остекления, занимающую до 30% от общей площади наружных конструкций. В основе внутренней планировки лежит обычно коридорная система, иногда в сочетании с анфиладой, а площадь помещений выставочных залов может быть совершенно различной. Эти здания, тоже изначально не приспособленные для нужд музеев, осложняют задачу проектировщика и повышают стоимость проектирования систем, учитывающих не только требования к параметрам микроклимата, но и уже функционирующие инженерные системы в здании. В таких случаях некоторые системы могут быть демонтированы полностью, а некоторые учтены и использованы в создании новых параметров внутреннего воздуха.

Неудобны для целей музейного использования первые этажи современных жилых зданий, которые изначально были предназначены для предприятий общественного питания и бытового обслуживания. Чаще всего они используются только для аренды для временных выставок тех экспонатов, которые не требуют особых условий хранения или герметичные корпуса, не допускающие воздействия окружающей среды.

Организация внутреннего пространства этих помещений достаточно простая и представлена как один или несколько больших залов, сообщающихся между собой широкими проходами, коридорами, соединенными между собой через небольшой вестибюль с ос-

новным входом в музей, что не обеспечивает необходимой изоляции музейных экспозиций от воздействия внешних климатических условий. Залы часто имеют освещение с двух сторон, что легко может привести к избыткам теплопоступлений. Огромные оконные проемы чрезвычайно затрудняют соблюдение требований режимов музейной консервации. Эти помещения совершенно непригодны и неудобны для устройства в них экспозиций. Кроме того, в них, за редким исключением, нет места для размещения запасников. Существующие системы отопления, вентиляции не могут обеспечить необходимый режим, полная реконструкция таких систем невозможна, так как они зачастую связаны с инженерными коммуникациями в жилой части здания. Эти особенности делают такие помещения фактически непригодными для музейных нужд. Но в существующих реалиях не всегда в качестве экспозиционных залов выбираются помещения, в которых можно достигнуть требуемых параметров за счет уже существующих систем. В некоторых случаях решение таких проблем возможно за счет местных осушителей воздуха или использования абсорбентов в корпусах для хранения экспонатов, что накладывает некоторые ограничения на виды выставляемых экспонатов.

К памятникам архитектуры, в которых располагаются музеи, относятся здания и сооружения, имеющие историческую и художественную важность с точки зрения решения фасадов и интерьера, времени и годов их проектирования или историческую ценность с точки зрения инженерных решений несущих конструкций и методов их возведения. В таких зданиях, помимо уже обозначенных проблем, необходимо учитывать и эстетическую составляющую, и особенности использования, возможно, уже не применяемых в наше время строительных конструкций.

Учитывая перечисленное разнообразие используемых зданий для выставки экспозиций, сложнейшей проблемой, которую приходится решать специалистам по инженерному оборудованию музеев, является качественное обеспечение и поддержание параметров температурно-влажностного режима. Подходящее сочетание

внутренних параметров должно обеспечивать сохранность исторических и культурных ценностей на протяжении долгого времени. Сложность этой задачи связана с необходимостью создания оптимальных параметров внутреннего воздуха как для экспонатов различного типа (картины, скульптуры, рукописи, предметы быта и т. п.), так и для посетителей музеев. Экспонаты, в свою очередь, отличаются между собой не только функциональным назначением, но и выполнены из широкого перечня материалов, каждый из которых имеет свои физические характеристики и требования к параметрам окружающей среды. В настоящее время отсутствуют современные нормативно-методические документы по обеспечению микроклимата музеев, ориентированные на применение экономически выгодного и энергоэффективного оборудования, а также использования современных технологий. Из-за широкого спектра материалов, из которых выполнены экспонаты, существующие требования к ним не всегда учитывают возможность совмещения их с другими.

Обеспечение исторических зданий современными инженерными системами для создания и поддержания внутренних параметров воздушной среды можно считать важнейшим элементом всех реставрационных проектов. Когда старинное здание является памятником архитектуры и одновременно используется как музейное помещение, требования к микроклимату могут оказаться противоречивыми [2]. Перед специалистами, занимающимися проектированием систем ОВК, стоит задача в обеспечении сохранности как самого здания и его особенностей, так и экспонатов музея. Внесение каких-либо изменений в интерьер здания в этом случае требует специальных познаний во многих областях. Без комплексного подхода к проблеме и внимательного анализа всех обстоятельств и условий работы успех в работе недостижим. Архитекторы, инженеры, реставраторы, владельцы зданий могут найти грамотные технические исполнения, только если они воспринимают здание в его историческом контексте.

Во многих исторически ценных зданиях с устаревшими системами отопления и вентиляции, а порой даже при их полном

отсутствии сохраняются условия теплового комфорта в условиях температуры и влажности наружного воздуха в зависимости от времени суток и сезона года, при этом сами здания и хранящиеся в них музейные коллекции сохранились в надлежащем качестве. Всего этого удалось достичь только благодаря учету особенностей климата местности, поэтому внедрение новых высокоэффективных систем в этот сложившийся баланс приводит к большим изменениям – как физическим, так и визуальным. В обязанности управляющих таких зданий входит тщательный контроль за сохранностью старинных материалов, которые могут быть повреждены, изменены или вовсе уничтожены при монтаже новых систем микроклимата. Подход к решению каждого такого вопроса должен быть индивидуальным.

Требования к микроклимату, которые выдвигаются персоналом музея при создании новых систем, порой очень сложно соблюсти, руководствуясь стандартными проектными решениями. Основные указания по данной проблеме, известные под названием «Стандарт для реставрации интерьеров, представляющих историческую ценность», содержат требования по сохранности старинных материалов и архитектурного облика зданий [3]. Даже если существующие системы контроля параметров внутренней среды способствуют сохранности внутренних конструкции здания и самих экспонатов, они редко отвечают современным стандартным требованиям к микроклимату внутри помещений, прописанным в нормативной литературе, а в задачи проектировщика еще и входит создание такого микроклимата, который позволит людям достаточно долго и комфортно находиться в помещении. В условиях реального проектирования систем микроклимата для исторических и музейных зданий возникает необходимость идти на некоторые уступки. В некоторых отдельных случаях следует отказаться от установки современных систем в старых зданиях в пользу более старых решений, если это влечет за собой разрушение старинных конструкций или изменение эстетического восприятия здания посетителями.

Следует учитывать возможность изоляции отдельных экспонатов в герметичных витринах или использование специальных помещений для музейных экспозиций.

Исходя из существующих сложностей, реставраторы и хранители музеев в настоящее время выдвигают менее жесткие требования к параметрам микроклимата, чем это было раньше.

В рассматриваемых зданиях часто присутствуют такие конструктивные элементы, которые могут быть использованы для уменьшения нагрузок на обогрев и охлаждение здания новыми системами отопления и вентиляции. Архитекторам и инженерам необходимо учитывать в своих расчетах и проектах влияние этих пассивных теплозащитных элементов при определении нагрузок. Требования, выставляемые к микроклимату для обеспечения сохранности как самого здания, так и коллекций, являются ведущей причиной возникающих разногласий между работниками музея и реставраторами здания при выборе будущей системы [2]. Сложно, а порой и невозможно подобрать такие значения температуры и относительной влажности, которые были бы универсально подходящими для любого старинного здания. Сложившийся стандарты, считающиеся оптимальными, согласно существующей нормативной литературе, очень редко удается действительно применить на практике. Существующие рекомендации [4,5] предлагают параметры внутреннего воздуха, которые в полной мере обеспечивают комфорт человека, но не всегда учитывают все нюансы музейных экспонатов. В свою очередь, обеспечение режима, подходящего для хранения экспонатов, часто связано с большими энергозатратами и, как показывает опыт, может вызвать выпадение влаги и, как следствие, ухудшение состояния и повреждение строительных конструкций.

Картины, панели из дерева, инкрустированная мебель, которая очень сложно подвергается реставрации, изделия из слоновой кости и иные хрупкие предметы могут быть сильно повреждены в холодный период года при наличии систем отопления и вызываемой ими пониженной влажности. Если же влажность наоборот

чересчур высока, то на таких материалах как кожа, ткань, бумага может появиться плесень или грибок, что приводит к их разрушению. Таким образом, во всех этих случаях необходим постоянный контроль параметров воздушной среды в рассматриваемом объеме. При этом необходимо наблюдать за температурой точки росы, так как именно этот параметр непосредственно характеризует вероятность конденсации влаги на поверхности и помогает ее предотвратить. Достаточным средством для контроля и избежания конденсации в зданиях в условиях высокой температуры и влажности внутреннего воздуха может служить привычная система вентиляции с автоматическим поддержанием заданной влажности. Для того, чтобы избежать части возможных трудностей, в современном проектировании используются средства компьютерного моделирования, которые позволяют учесть разнообразие факторов и увидеть модель распределения контролируемых параметров в рассматриваемом объеме помещения.

В случае внедрения новых инженерных систем в здания с историческим интерьером требуется креативный подход. При рассмотрении монументальных сооружений, наилучшим вариантом может быть использование вертикальных элементов, таких как пилоны или колонны или расположение приточных устройств в стенах над резными панелями из древесины. Важно помнить, что в таких зданиях системы ОВК должны выполнять свою практическую функцию, но не нарушать восприятие посетителей и композицию интерьера. Использование старинных решеток, играющих эстетическую роль, может быть возможно и при создании современных систем.

Для зданий, имеющих историческую ценность, можно рассматривать большое разнообразие систем, однако каждый тип имеет свои недостатки, которые необходимо учесть. Выбор в каждом отдельном случае зависит от финансовых возможностей для проектирования системы, «совместимости» со зданием, возможности контроля и регулирования, комфорта для посетителей и работников [3]. Большая часть нынешних систем ОВК заменяется через 25 лет эксплуатации, поэтому проектируемая система, сохраняю-

шая исторический облик и допускающая возможность будущих модернизаций, должна также обладать свойствами легкости демонтажа после окончания срока эксплуатации. В наши дни широкое распространение получают системы подогрева с утилизацией выбросного тепла здания. Для музейных зданий во всех инженерных системах рекомендуется использовать различные устройства, регистрирующие наблюдаемые параметры микроклимата (например, гигротермографы), позволяющие отмечать температуру точки росы и выпадение конденсата, появление плесени и другие подобные явления, способные повредить экспонаты. Такие системы контролируются высокоточной техникой, требуют соответствующей подготовки, более высокую квалификацию персонала и, разумеется, имеют более высокую стоимость. Необходимо также учесть возможность обслуживания таких приборов и возможность замены оборудования. Системы воздушного отопления и охлаждения находят широкое распространения, так как позволяют осуществлять регулирование в широком диапазоне параметров и, кроме того, легко совмещаются с увлажнительными устройствами, однако прокладка длинных воздухопроводов может нанести физический ущерб зданию и испортить интерьер. Наличие нескольких местных агрегатов вместо центральной системы является самым подходящим решением, так как позволяет организовывать зонирование микроклимата и размещать оборудование в удобных подсобных помещениях, например, под лестницами.

Использование систем, где в качестве теплоносителя выступает вода, вполне возможно в таких зданиях, так как трубы занимают меньшее пространство, чем система больших воздухопроводов. Часто используются вентиляторно-калориферные устройства, а также тепловые насосы. Вентиляторно-калориферные агрегаты шкафного типа в конструкции обычно не имеют встроенных увлажнителей, так что они лучше подходят для административных помещений или для таких климатических зон, где влиянием влажности воздуха можно пренебречь. Тем не менее многие музеи оборудованы вентиляторно-калориферными устройствами, установленными

в подсобных помещениях, с небольшой протяженностью системы воздуховодов и местными увлажнителями воздуха. Однако необходимо учесть, что такие водяные системы требуют постоянного обслуживания по удалению конденсата каждый день и, в случае протечки, могут привести к аварийной ситуации. Важно отметить, что трубопроводы водяного теплоносителя для систем ОВК [4] не должны прокладываться сразу над выставочными залами и помещениями, выполняющими функцию фондохранилищ.

Вентиляторно-калориферные устройства могут быть подключены к центральным установкам отвода тепла охладителю или же могут представлять отдельные сплит-системы с необходимым количеством наружных охладителей. На практике используются или уже существующие воздуховыпускные решетки, или изготовленные в старинном стиле. Чаще всего оборудование устанавливается в чердачных или в подвальных помещениях; использование сразу нескольких отдельных агрегатов позволяет сократить суммарную протяженность магистральных воздуховодов и количество требуемых отверстий в перекрытиях. Трубы каминов и вытяжные каналы, выходящие из подсобных помещений, можно использовать в качестве вертикальных фрагментов вентиляционных систем, что можно увидеть на примере старинных зданий в колониальном стиле, в которых имеются массивные печные трубы, установленные в центре здания. В проектируемой новой системе микроклимата рекомендуется использовать для распределения воздуха уже существующие внутрискрипные каналы, воздухораспределители, проемы [3]. Если в историческом здании расположен музей, задача для проектировщиков усложняется. Одной из основных трудно решаемых проблем является поддержание требуемой влажности. Проектируемая система микроклимата должна обеспечивать условия, необходимые для экспонатов, и обеспечить безопасность и сохранность конструкций, из которых выполнено здание. Когда дело касается исторического строения, не следует торопиться при принятии окончательного решения, не используя предварительные исследования. Нередко проектировщикам требуется проводить контроль за тепловым режи-

мом внутри здания в течение продолжительного времени, чтобы получить требуемые данные и исходную информацию для разработки проекта инженерных систем. Поскольку система должна обеспечивать свою функциональность долгие годы, необходимо тщательно изучить конструктивные и эксплуатационные особенности данного здания, прежде чем определиться с используемым типом системы. Только внимательный подход поможет создать такую систему, которая сможет ответить всем необходимым требованиям.

В связи с тем, что проектные решения для исторических и музейных зданий, как правило, основаны на определенных уступках, разработчики должны ставить перед собой реально выполнимые цели. Практика показывает, что большое число зданий было значительно повреждено при создании систем микроклимата для сохранения экспонатов [3]. Современный опыт дает исчерпывающую информацию о том, что многие музейные коллекции могут выдержать колебания температуры и влажности воздуха в значительно более широком диапазоне, чем предполагалось более ранними стандартами. Тем более, что способы хранения экспонатов достаточно разнообразны и в некоторых случаях могут обеспечить защиту от воздействия колебаний параметров внешней среды. Это является решающим фактором для выбора компромиссных решений, позволяющих сохранить одновременно и здание, и предметы, выставляемые в музее.

Изучение существующих условий микроклимата в здании и, по возможности, использование уже имеющихся элементов исторического интерьера является ключом к поддержанию требуемых параметров воздуха, которые смогут обеспечить комфорт как посетителям, так и сохранить культурные ценности. При проектировании необходимо учитывать, что система предназначена для многолетней эксплуатации, она должна быть легко обслуживаема и при этом соответствовать бюджету, обозначенному заказчиком. Все эти факторы делают проектирование таких систем сложной задачей, поэтому для ее решения требуется комплексный подход и учет опыта проектирования прошлых лет.

Литература

1. Музейное хранение художественных ценностей. (хранение музейных коллекций). Практическое пособие М., 1995. 203 с.
2. *Болотов Е. Н.* Сохранить наследие: микроклимат музеев. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6835
3. *Шерон С. Парк.* Системы микроклимата для исторических зданий. Журнал АВОК. 2000. №1. С.22-33
4. (ЦНИИЭП Им. Б. С. Мезенцева) ГОСГРАЖДАНСТРОЯ Рекомендации по проектированию музеев. М. Стройиздат, 1998.
5. СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». М., 2012.
6. Стандарт АВОК 1–2002 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена». М., 2002.

УДК 697 : 662.6/9 536

Никита Юрьевич Саввин,

аспирант

Николай Юрьевич Никулин,

аспирант

Александр Викторович Дралов,

студент

(Белгородский государственный

технологический университет

им. В.Г. Шухова)

E-mail: n-savvin@mail.ru

nick_973gt@mail.ru

n-savvin@mail.ru

Nikita Yurievich Savvin,

post-graduate student

Nikolai Yurievich Nikulin,

post-graduate student

Alexander Viktorovich Dralow,

student

(Belgorod State

Technological University

V. G. Shukhov)

E-mail: n-savvin@mail.ru

nick_973gt@mail.ru

n-savvin@mail.ru

СОВРЕМЕННОЕ ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СФЕР ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

MODERN HEAT EXCHANGE EQUIPMENT FOR VARIOUS INDUSTRIES AND HEAT POWER INDUSTRY

Для системы теплоснабжения Российской Федерации характерен значительный износ оборудования: тепловых сетей и котельных. При этом важным элементом оборудования систем теплоснабжения являются теплообменные аппараты различного конструктивного исполнения, которые используются на ТЭС и АЭС, котельных и др. В данной статье рассматриваются различные теплообменное оборудование, применяемое в современной теплоэнергетике. Установлено, что применение пластинчатых теплообменников является более целесообразным инженерным решением, чем кожухотрубных, ввиду экономических факторов и эксплуатационных преимуществ. Сделаны выводы о необходимости внедрения способов интенсификации теплообмена.

Ключевые слова: теплообмен, пластинчатые теплообменники, кожухотрубные теплообменники, интенсификация, коэффициент теплопередачи.

The heat supply system of the Russian Federation is characterized by significant wear and tear of equipment: heating networks and boiler rooms. At the same time, an important element of the equipment of heat supply systems is heat exchangers of various design versions, which are used at thermal power plants and nuclear

power plants, boiler houses, etc. this article discusses various heat exchange equipment used in modern heat power engineering. It is established that the use of plate heat exchangers is a more appropriate engineering solution than shell-and-tube heat exchangers, due to economic factors and operational advantages. Conclusions are drawn about the need to introduce methods of heat exchange intensification.

Keywords: heat exchange, plate heat exchangers, shell-and-tube heat exchangers, intensification, heat transfer coefficient.

Теплоснабжение России представлено 485 ТЭЦ, 6,5 тыс. котельными мощностью более 20 Гкал/час, более 100 тыс. мелких котельных и около 600 тысяч автономных индивидуальных теплогенераторов. В организациях, занимающихся строительством, эксплуатацией, ремонтом, наладкой, контролем систем теплоснабжения и теплопотребления работает более 2 млн человек. Общая реализация тепла составляет 2060 млн. Гкал/год, учитывая, что жилищный сектор и бюджетная сфера потребляют 1086 млн. Гкал, промышленность и прочие потребители 974 млн. Гкал. На теплоснабжение расходуется более 400 млн т.у.т./год [1, 2].

Ключевое место в промышленной теплоэнергетике и в жилищно-коммунальном хозяйстве страны занимает теплообменное оборудование. Выбор этого оборудования определяется конкретными требованиями и условиями эксплуатации. Наиболее часто используемыми являются кожухотрубные и пластинчатые теплообменники. Современная промышленность и теплоэнергетика насыщена различными условиями проведения теплогенерирующих процессов при помощи теплообменного оборудования различного конструктивного исполнения. По принципу воздействия на теплоноситель теплообменники делятся на рекуперативные, регенеративные и смешительные.

Конструкция рекуперативных теплообменников (рис. 1) обусловлена наличием разделительной стенки – плоской или цилиндрической, через которую и осуществляется теплопередача [3].

В свою очередь, конструкция рекуперативных теплообменников подразделяется на кожухотрубные (рис. 2), спиральные, змеевиковые и пластинчатые [4].

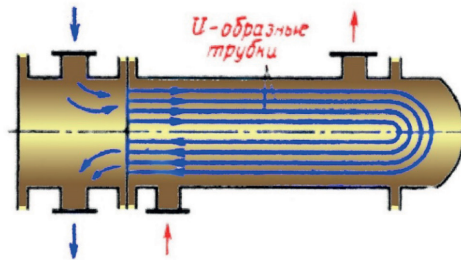


Рис. 1. Рекуперативный теплообменник

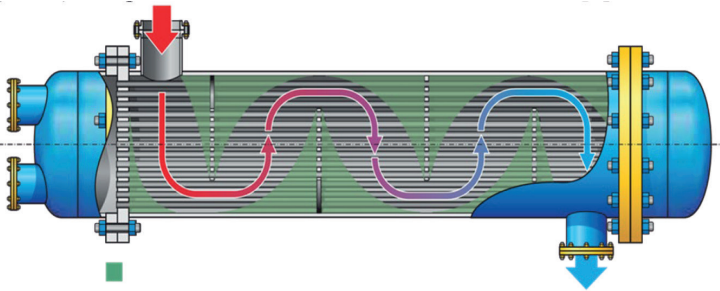


Рис. 2. Кожухотрубный теплообменник

Кожухотрубные теплообменники применяются на ТЭЦ, котельных, индивидуальных тепловых пунктах (ИТП). Столь широкая сфера применения обусловлена простотой конструкции.

Во многих странах (Канаде, США, Дании, Германии, Франции, Индии, Китае) активно ведутся теоретические и экспериментальные исследования по повышению эффективности работы кожухотрубных аппаратов [5, 6]. В большей степени исследования направлены на повышение турбулизации потока жидкости как у нагреваемой поверхности, так и у охлаждаемой поверхности в следствие оригинальных технических решений.

В Китае особый интерес представляют исследования ученых М. Джин, Х Лиу, К. Ванг заключающиеся в сравнении кожухотруб-

ных теплообменных аппаратов с гладкими трубками и интенсифицированного с измененными перегородками, представляющие собой круг с чередующимися через 60° секторами [7]. Целью эксперимента являлось выявление количественного изменения коэффициента теплопередачи и гидравлического сопротивления. Согласно [7], увеличение коэффициента теплопередачи с применением такой измененной поверхности составило более 5%. Очевидными недостатками такого способа интенсификации является сложность изготовления, трудность очистки межтрубного пространства и малая доступность для его осмотра и ремонта.

Сравнительно широко в промышленности применяются змеевиковые теплообменники, которые изготавливаются с плоским змеевиком или со змеевиком, согнутым по винтовой линии (рис. 3). Змеевиковые теплообменники применяются для охлаждения, а также для конденсации паров [8].

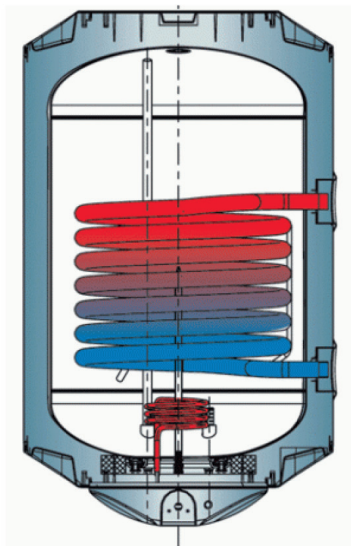


Рис. 3. Змеевиковый теплообменник

В Московском государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана специалистами А. М. Архаровым, И. А. Архаровой, В. Н. Афанасьевым проводилось исследование, направленное на повышение эффективности теплообмена в змеевиковых теплообменниках [9]. Было предложено сместить коллекторы секций относительно друг друга на 90° . В результате удалось увеличить скорость теплоносителя в греющем контуре на 20%, а в нагреваемом на 15%. Недостаток данного технического решения состоит в достаточно сложном изготовлении и монтаже.

Спиральные теплообменники (рис. 4) имеют два спиральных канала с прямоугольным сечением. Внутренние концы спиралей объединены перегородкой. С торцов каналы ограничиваются крышками и уплотнениями. Концы каналов, выходящие за пределы теплообменника, имеют патрубки, которые предназначаются для входа и выхода теплоносителей. Другие два технологически присоединены к боковым крышкам [10]. Подобные теплообменники применяются с целью теплообмена между теплоносителями в различном агрегатном состоянии, а именно жидкостями и газами.

В Самарском государственном техническом университете были проведены исследования по обтеканию теплообменных поверхностей с приваренными разделительными шипами [11]. Подобная конструкция предоставила возможность предупредить смятие спирали под воздействием давления в каналах. Кроме того, позволила дополнительно турбулизовать поток теплоносителя. Отметим, что высота шипов определяет высоту канала, а частота их расположения (продольный и поперечный шаг) – оптимальное давление в аппарате. Среди минусов данной конструкции можно выделить сложность изготовления, ремонта и очистки.

Инновационным решением в теплоэнергетике выступает внедрение пластинчатых теплообменников (рис. 5), для которых характерен высокий коэффициент теплопередачи K , $Вт/(м^2 К)$. Величина коэффициента теплопередачи может достигать 7000. К достоинствам таких теплообменников можно отнести компактность,

большая поверхность теплопередачи, которая достигается гофрированием пластин.

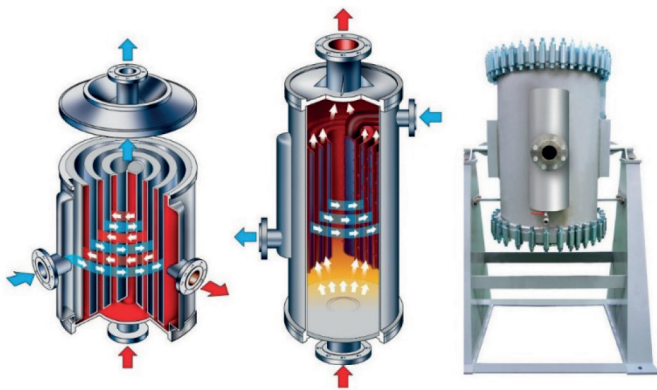


Рис. 4. Спиральные теплообменники

Л. М. Коваленко и А. Ф. Глушковым решалась задача рационального, бережного отношения к топливу путем проведения активной энергосберегающей политики [12]. Важное значение имеет усовершенствование конструкций, существующих пластинчатых теплообменных аппаратов. Особый интерес представляет конвективный теплообмен с поверхностями сложной формы, выполненными из тонкого листа. Главной задачей интенсификации конвективного теплообмена является такое воздействие на пограничный слой, которое сделало бы его более тонким или частично разрушило [13, 14]. Экспериментальные исследования интенсифицированного конвективного теплообмена в каналах с различной формой поверхности нагрева подтвердили, что при использовании одновременно нескольких способов интенсификации (шероховатая поверхность с ленточными завихрителями потока, оребренная теплообменная поверхность со вставками в виде ленточного завихрителя и др.) наблюдается значительное увеличение коэффициента теплопередачи.

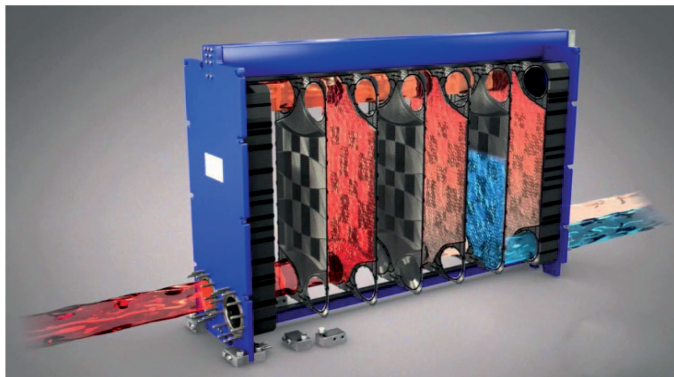


Рис. 5. Пластинчатый теплообменник

Пластинчатые теплообменные аппараты применяются во всех сферах промышленности и теплоэнергетики Российской Федерации. Основными недостатками выступают многоэтапность производства, образование на поверхности пластин отложений, а также сложность сервисных работ.

Применение поверхностей с измененной геометрией позволяет увеличивать площадь теплообмена со стороны теплоносителя с более низким коэффициентом теплоотдачи α , $Вт/(м\ К)$. Технология оребрения поверхностей осуществляется с применением стальных шайб прямоугольной или круглой форм.

Внедрение эффективных способов интенсификации теплообмена способствует повышению экономичности теплообменного оборудования, что в итоге ведет к снижению металлоемкости [15].

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что применение кожухотрубных теплообменных аппаратов делает процесс эксплуатации более удобным и простым. Кроме того, теплообменники такой конструкции имеют меньшую стоимость по сравнению с аналогами. Главный недостаток - относительно низкий коэффициент теплопередачи.

Таким образом, из анализа конструкций различных типов теплообменников видно, что инновационным является выбор конструкций пластинчатых теплообменников. В сравнении с теплообменниками иных конструкций, пластинчатые обладают относительно высоким коэффициентом теплопередачи. Стоит упомянуть и иные преимущества: высокий КПД, компактность, практически исключенные показатели недогрева, возможность сервисного обслуживания малочисленной бригадой (минимум 2 человека). Внедрение эффективных способов интенсификации позволяет увеличить соотношение между количеством тепла и мощностью.

В Российской Федерации, массово используются пластинчатые теплообменники и их комплектующие датских фирм «Ридан», «Alfa Laval», «Danfos» Промышленное производство которых налажено на территории нашей страны.

Литература

1. *Деягин Г. Н.* Теплогенерирующие установки : учеб. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Г. Н. Деягин, В. И. Лебедев, Б. А. Пермяков. – М.: БАСТЕТ, 2010. – 623 с.
2. Отчет Министерства энергетики РФ «Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2015–2016 годы» Москва: 2018 – с. 138.
3. *Бухмиров В. В.* Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата / В. В. Бухмиров, Д. В. Ракутина, Ю. С. Солнышкова, М. В. Пророкова. – ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново: 2014. – 124с.
4. *Никулин Н. Ю.* Современные технологические аспекты развития систем теплоснабжения / Н. Ю. Никулин, Л. А. Куцев, Д. О. Темников // Современное строительство и архитектура. – 2016. – №4. – С. 30–34.
5. *Luben C. G.* Thermal Performance Modeling of Cross-Flow Heat Exchangers / C. G. Luben, A. N. Helio, M. S. Jose. – German: Springer, 2015. – 226 p.
6. *Malhorta A.* Modeling and computation for designs of multistage heat exchangers systems / A. Malhorta, S. Muhaddin // Math. Comput. Modelling. – 1990. Vol. 14. – P. 826–831.
7. *Jin M.* Optimization research of sextant fan baffle curvature radius in shell and tube heat exchanger / M. Jin, H. J. Liu, X. Y. Wang. – 2017. – Vol. 231. – P. 1 – 6. – URL: https://www.researchgate.net/publication/319888046_Optimization_research_of_sextant_fan_baffle_curvature_radius_in_shell_and_tube_heat_exchanger

8. *Сидельников Л. Н., Юренов В. Н.* Котельные установки промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с.
9. *Архаров А. М., Архаров И. А., Афанасьев В. Н.* и др. Теплотехника: Учебник для вузов / Под общ. ред. А. М. Архарова и В. Н. Афанасьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 712 с.
10. *Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А.* Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1987. – 622 с.
11. *Горшенин А. С.* Методы интенсификации теплообмена / А. С. Горшенин; В. А. Кудинов. – учеб. пособ. – Самара: Самар.гос.техн.ун-т, 209. – 82 с.
12. *Коваленко Л. М., Глушков А. Ф.* Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи. – М.: Энергоатомиздат 1986. – 240 с.
13. *Лойцянский Л. Г.* Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973. – 904 с.
14. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг – М.: Наука, 1974. – 712 с.
15. *Саввин Н. Ю.* Высокоэффективный теплообменный аппарат для системы жилищно-коммунального хозяйства / Н. Ю. Саввин, Н. Ю. Никулин; Гадюкина А. В. – Сборник научных трудов в 9 ч. – Новосибирск: НГТУ, 2019. – С. 256–262.

УДК697.921.26

Елизавета Альбертовна Сайфуллина,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: saifullina.lisa@gmail.com

Elizaveta Albertovna Saifullina,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: saifullina.lisa@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ДЕФЛЕКТОРА, АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ЕГО РАБОТУ

EFFICIENCY OF USING A STATIC DEFLECTOR, ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT ITS OPERATION

Целью статьи является анализ и изучение особенностей дефлектора серии ДС, специфика его применения в условиях оптимальной работы вентиляции. Подробно рассматриваются его технические характеристики в сравнении с другими типами. Описаны особенности конструкции устройства конкретно данной модели, и физические процессы, происходящие в нем – эффект Бернулли, который представляет собой зависимость скорости потока воздуха при изменении сечения канала и статического давления в этом же канале. На основе выше сказанного, выявлена зависимость влияния скорости ветра на дополнительное ветровое разряжение. В заключение были приведены наиболее целесообразные методики подбора устройств дефлекторов, которые основываются на зависимости от скорости ветра и гравитационного давления.

Ключевые слова: статический дефлектор, вентиляция, разряжение, давление, эффективность, скорость ветра.

The article is devoted to the analysis and study of defective series ДС, the specification of its use in conditions of optimal ventilation. A detailed description of its technical characteristics in comparison with other types. The design feature of the device is that the speed and speed of the air flow when the channel and static pressure in the same channel do not change. Based on the foregoing, a dependence on wind speed was revealed. As a result, the most suitable methods for selecting deflector devices were obtained, which are based on the dependence on wind speed and gravitational pressure.

Keywords: static deflector, ventilation, vacuum, pressure, efficiency, wind speed.

В наше время, при строительстве высотных зданий все чаще возникает проблема эффективной работы естественной вентиляционной системы, поэтому были разработаны такие устройства как дефлекторы, которые служат для улучшения тяги в сборном канале и являются наивысшим элементом в системе. Отсутствие хорошей вытяжной системы может повлечь за собой неприятные последствия, например, такие как сырость в помещении и скопление вредных веществ в воздушной среде помещения.

Основное предназначение дефлектора – выброс отработанного воздуха за пределы здания, а также предотвращение опрокидывания системы – эффекта обратной тяги, данная проблема является наиболее актуальной в высотных жилых зданиях. Исходя из специфики проектируемого здания и типа местности существует большое множество конфигураций данных устройств, ниже будут рассмотрены наиболее популярные модели и их технико-экономические показатели.

Дефлекторы серии ДС [1] (дефлектор статический) применяются для увеличения силы тяги в вытяжных системах вентиляции за счет силы ветрового давления. Статические – зависят от энергии, то есть начинают свою работу от ветра, а в штиль бездействуют. Существуют и статодинамические дефлекторы, эпизодически питающиеся от электросети. При наличии ветра они работают как статические дефлекторы, а электромотор включается только тогда, когда движение воздуха в канале отсутствует, то есть нет естественной тяги и нет ветра.

Эффективность серии ДС намного выше аналогов [2]: дефлекторов типа ЦАГИ, дефлекторов имени Григоровича, дефлекторов АСТАГО [3].

Коэффициент разрежения дефлектора служит для качественной оценки эффективности его работы, для его вычисления необходимо полное давление в шахте [4], статическое давление в верхней точке шахты и скорость ветра около поверхности устройства.

Для статических дефлекторов коэффициент разрежения не менее 0,7 при дельте направления ветра от горизонтали не более 30 градусов и 0,5 при дельте до 60 градусов.

Получаем, что при скорости ветра 5–7 м/с статические дефлекторы обеспечивают увеличение тяги на 5–19 Па, при этом коэффициент местных потерь не превышает 2, что является существенным плюсом устройства.

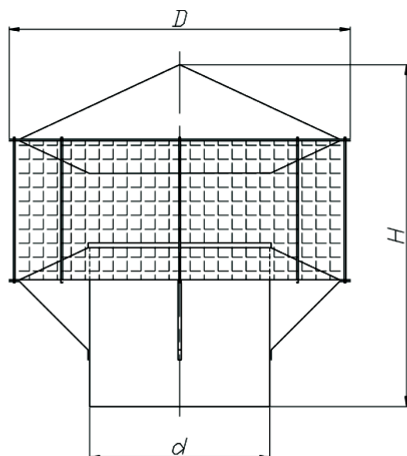


Рис. 1. Общий вид устройства серии ДС

Устройство дефлектора представляет собой жестко закрепленный элемент, конфигурация которого представляет собой цилиндрическое полое тело с резким уменьшением поперечного сечения и дальнейшим расширением до первоначального диаметра, устанавливаемое вертикально на кровле здания, в верхней точке системы. Выброс воздуха осуществляется независимо от направления ветра около дефлектора, воздуховод покрыт защитной сеткой, для защиты от попадания мусора, веток и т. д.

При работе дефлектор обдувается ветром, причем, часть ветрового потока проходит сквозь защитную сетку между дисками [4]. Принцип действия дефлектора основан на использовании эффекта [2], при котором скорость потока, при изменении его сечения, напрямую зависит от статического давления в этом же сече-

нии. Наибольшая скорость воздуха наблюдается в самом узком месте дефлектора, то есть над самой трубой, это происходит при интенсивном ветровом потоке. Разность статических давлений вдали от дефлектора и внутри него составляет дополнительное разрежение, тем самым улучшая тягу в шахте, что является хорошим показателем работы устройства.

Иногда возможен вариант установки одного дефлектора на группу, состоящую из нескольких каналов, с последующим объединением потоков, но тут необходимо установить сборной элемент и соблюдение баланса между расходами во всех подключающихся каналах, чтобы избежать перетока потоков отработанного воздуха из соседних помещений [5]. Для того, чтобы избежать механических повреждений устройства от наружных факторов, таких как ветровые нагрузки, следует осуществлять крепление патрубка к вертикально-наружной поверхности канала в двух точках, для жесткой фиксации и безопасного функционирования.

Преимущественным фактором работы именно статических дефлекторов [1]: является качество работы, которое превышает аналогичные устройства на 10–15%, что было достигнуто путем оптимизации конфигурации устройства – упрощенная геометрия и технология изготовления, а также замена материала – вместо нержавеющей стали и алюминиевых сплавов используется оцинкованная сталь. Данный материал является долговечным за счет того, что при оцинковке на поверхности стали образуется антикоррозийное покрытие, которое на протяжении многих лет защищает материал от негативных внешних факторов – перепад температур, осадки и т. д.

Для установки дефлектора следует выбирать такое место, чтобы при любом направлении ветра устройство обдувалось со всех сторон. То есть является не желательным устанавливать устройство вблизи высокой стены или парапета, который перекрывает поступающие потоки ветра к дефлектору. Рекомендуется [6] придерживаться принципиальных решений, когда дефлектор является верхней точкой системы. Какие-то ограничения на расположение

дефлекторов вблизи друг друга отсутствуют, но следует соблюдать дистанцию между оборудованием для возможности удобного обслуживания специалистом.

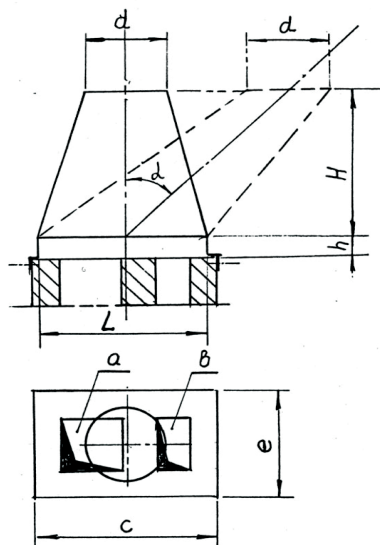


Рис. 2. Рекомендуемая геометрия адаптера

Эффективность работы дефлектора повышается с увеличением скорости ветра [2]. При отсутствии ветра наличие дефлектора не снижает естественной тяги, возникающей в вентиляционной шахте из-за температурного градиента. В течение всего периода эксплуатации дефлектор не должен быть заслонен от ветра различными перегородками либо предметами. Если из-за особенностей архитектуры место установки прибора оказывается в ветровой тени, то можно установить дополнительный воздуховод для изменения отметки установки дефлектора на нужную высоту. При определенных условиях [2], например, при сильном ветре зимой, в вентиляционной шахте возникает разрежение, это возникает из-

за разности температуры наружного воздуха и внутри помещения. В целях энергосбережения рекомендуется использовать в системе вентиляции регуляторы расхода воздуха, которые будут равномерно распределять воздушные потоки в общем канале системы.

С точки зрения физических свойств [6] основной зависимостью является скорость потока при изменении сечения канала от статического давления в этом сечении.

Оптимальным вариантом устройства является дефлектор с открытой частью для выхода потоков и защитной сеткой от внешнего воздействия [6]. Главными факторами оценки работы данного оборудования является коэффициент потерь давления в шахте, выведенный опытным путем и коэффициент разряжения

Потери давления в устройстве можно найти по формуле:

$$\Delta P_d = 0,5 \cdot \zeta \cdot \rho \cdot V_d^2,$$

где V_d – скорость внутри устройства, м/с; ρ – плотность воздуха, кг/м³; P_d – потери давления в устройстве, Па; ζ – к. м. потерь.

Для дефлекторов серии ДС к.м. равен 1,4 (при длине 0,5 м).

Коэффициент разряжения находится через суммарное давление и статическое, в зависимости от скорости воздушного потока. Коэффициент давления рассчитывает разрежение ΔP_v , при скорости ветра не равной нулю:

$$\Delta P_{dv} = 0,5 \cdot c \cdot \rho \cdot V^2,$$

где C – коэффициент разрежения = 0,75 при изменении направления потока от горизонтальной прямой не больше 30° и 0,6 при отклонениях до 60°; V – скорость, м/с; ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Для наглядности эффективность дефлектора ДС отражена на графике, при температуре воздуха 25 °С, относительной влажности 50 %, плотности воздуха 1,177 кг/м³. На графике (рис. 3) отчетливо видно, что при увеличении скорости ветрового потока увеличи-

вається дополнительное разрежение в вентиляционном канале, тем самым улучшая тягу в воздухоприемных устройствах помещений.

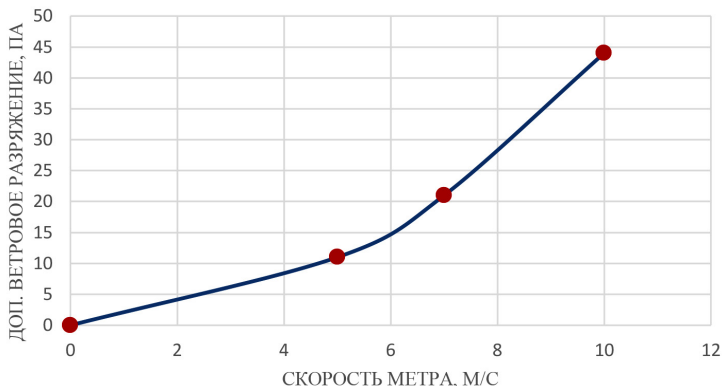


Рис. 3. Эффективность дефлектора ДС

При анализе рынка производителей данного типа устройства были выявлены модели с наилучшими параметрами. Это дефлекторы серии ДС [1] выпускаются российской компанией ВентСтройМонтаж и французская компания АСТАТО [3], руководствуясь рекомендациями производителей по подбору устройств были выявлены оптимальные методики расчета.

При анализе методик подбора дефлекторов ДС были выделены следующие – по скорости ветра, по полному или доп. разрежению.

Рассмотрим основные моменты двух способов подбора статического дефлектора [7]:

1. При поиске необходимого диаметра d мм, расчетная формула:

$$d = 18,81 \cdot \sqrt{\frac{L}{V}} \cdot \sqrt{\frac{\zeta}{C}},$$

где ζ – к. м. потерь; C – коэффициент разрежения.



Рис. 4. График определения диаметра дефлектора от расхода и скорости ветра

| Диаметр мм | Расход воздуха в куб м/ч при скорости ветра в м/с | | | | | | | | | |
|---------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
| 100 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| 125 | 31 | 62 | 94 | 125 | 156 | 187 | 219 | 250 | 281 | 312 |
| 140 | 39 | 78 | 117 | 157 | 196 | 235 | 274 | 313 | 352 | 392 |
| 160 | 51 | 102 | 153 | 205 | 256 | 307 | 358 | 409 | 460 | 512 |
| 180 | 65 | 129 | 194 | 259 | 324 | 388 | 453 | 518 | 583 | 647 |
| 200 | 80 | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 639 | 719 | 799 |
| 250 | 125 | 250 | 375 | 500 | 624 | 749 | 874 | 999 | 1124 | 1249 |
| 280 | 157 | 313 | 470 | 627 | 783 | 940 | 1097 | 1253 | 1410 | 1567 |
| 315 | 198 | 397 | 595 | 793 | 991 | 1190 | 1388 | 1586 | 1785 | 1983 |
| 400 | 320 | 639 | 959 | 1279 | 1599 | 1918 | 2238 | 2558 | 2878 | 3197 |
| 500 | 500 | 999 | 1499 | 1998 | 2498 | 2997 | 3497 | 3997 | 4496 | 4996 |
| 630 | 793 | 1586 | 2379 | 3172 | 3966 | 4759 | 5552 | 6345 | 7138 | 7931 |
| 710 | 1007 | 2015 | 3022 | 4029 | 5037 | 6044 | 7051 | 8059 | 9066 | 10073 |

Рис. 5. Таблица зависимости диаметра дефлектора от расхода воздуха при определенной скорости ветра

2. При поиске необходимого диаметр \$d\$ мм, расчетная формула:

$$d = 15,82 \cdot \sqrt{\left(L \cdot \sqrt{\zeta \cdot \frac{\rho}{\Delta P}} \right)}$$



Рис. 6. График определения диаметра дефлектора в зависимости от расхода воздуха и гравитационного давления

В заключение, эффективными характеристиками обладают дефлекторы серии ДС компании ВентСтройМонтаж [1] и близкие по параметрам дефлекторы компании АСТАТО [3], поскольку имеют оптимальное соотношение технико-экономических показателей и показателей эффективности – коэффициенты местных потерь и давления (разряжения), достигнутые серией опытов для повышения эффективности работы. Так же стоит отметить, что немаловажным фактором эффективной работы устройства является правильный монтаж и его эксплуатация в соответствии с рекомендациями производителя.

Литература

1. Вентстроймонтаж. Технический паспорт «Дефлектор статический серии ДС». Сертификат соответствия № РОСС RU.НА36.Н01694, 2019.
2. Мусатов Б. Т. Вентиляционные дефлекторы // Технические заметки. – М.: ЦАГИ, 1936. – № 123.
3. Amphous A., Харитонов В. П. Дефлекторы АСТАТО и проблема энергосбережения: Материалы 3-го форума Heat&Vent. – М., 2001.

4. *Одноволова О. В.* Опытные образцы приточных устройств и дефлекторов для естественной и естественно-механической вентиляции жилых зданий: Материалы 5-го форума Heat&Vent. – М., 2003.
5. *Olivia Noel and oth.* Natural ventilation activated by induction // Proceedings 21st AIVC Annual Conference. Innovations in Ventilation Technology. – 26–29 September. – 2000.
6. *Fabio F, Одноволов И. Т.* Полупромышленные вентиляторы. Материалы 2-го форума Heat&Vent. – М., 2000.
7. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Изд. 3. – М., 1978.

УДК 620.193.01

Елена Сергеевна Хорошевская,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: Len4ik899@yandex.ru

Elena Sergeevna Khoroshevskaya,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Len4ik899@yandex.ru

КОРРОЗИЯ КАК ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА ИЗНОСА ТРУБОПРОВОДОВ

CORROSION AS THE MAIN CAUSE OF PIPELINE DETERIORATION

В статье рассматриваются причины возникновения коррозии подземных трубопроводов, так как данный вид износа является наиболее распространенным, потому что по статистике чаще всего нарушение работы системы обусловлены локальным износом стенки трубопровода, что приводит к аварии с большим ущербом и объясняет важность рассмотрения причин их разрушения. Процессы внутренней коррозии разделены по видам, так как процессы протекают по-разному, описано что приводит к язвенной, щелевой, углекислой коррозии, а также к коррозионным разрушениям прямошовных сварных труб и наружной коррозии, характеристики поражений, включающие размеры и внешний вид.

Ключевые слова: разрушение трубопроводов, коррозия, внутренняя коррозия, наружная коррозия, причины коррозии.

The article discusses the causes of corrosion of underground pipelines, since this type of wear is the most common, because according to statistics, most of the system malfunctions are caused by local wear of the pipeline wall, which leads to an accident with great damage and explains the importance of considering the causes of their destruction. The processes of internal corrosion are divided by type, since the processes proceed in different ways, it is described that leads to peptic, crevice, and carbon dioxide corrosion, as well as to corrosion damage of longitudinal welded pipes and external corrosion, characteristics of lesions, including dimensions and appearance.

Keywords: pipeline destruction, corrosion, internal corrosion, external corrosion, causes of corrosion.

В современном мире, в городах и населенных пунктах системы трубопроводов являются основной и неотъемлемой частью

инфраструктуры. Проложенные трубопроводы бывают различной длины и разветвленности, но одно можно сказать точно: что в количестве трубопроводов более чем в два раза больше остальных видов оборудования систем. Как показывает практика, чаще всего аварии с утечкой рабочей среды случаются именно на трубопроводах, а причиной является локальный износ стенки трубы.

Недооценка масштабов возможной аварии на трассе трубопроводов, может привести к серьезным последствиям (длительная остановка системы на ремонт, а также ущерб, причиняемый окружающей среде), поэтому важно анализировать причины, приводящие к разрушению труб, чему и посвящена настоящая статья.

Коррозия – это разрушения материала, в результате химических или электрохимических реакций. Причины возникновения коррозии зависят от свойств среды, с которой взаимодействует поверхность трубопровода [1].

Коррозию внутренней поверхности трубопроводов вызывает кислород, который содержится в воде или конденсате. Увеличение концентрации кислорода происходит в результате его попадание в систему через неплотно прилегающие части оборудования, из-за разряжения на участках водяной сети, где давление ниже атмосферного и в конденсатных баках открытого типа. Так как процесс внутренней коррозии проходит по-разному её разделяют на следующие виды [2]:

- Язвенная коррозия. В основном возникает в низших участках труб, где может образовываться застой воды, скопление конденсата и коррозионные отложения. Главной особенностью данного вида коррозии является многочисленное количество повреждений, когда на поверхности возникает множество отдельных участков глубоких повреждений, которые со временем приводят к возникновению сквозных отверстий, тем самым выводя из эксплуатации участок системы. Такое поражение трубопровода может произойти по причине низкого качества рабочей среды (если в результате деаэрации из воды не был удален весь кислород) или в результате опорожнения участка сети для проведения ремонтных работ, так

как начавшийся процесс коррозии будет продолжаться и после заполнения труб водой. Размер язвин варьируется от 2 до 6 мм.



Рис. 1. Язвенная коррозия

- Углекислая коррозия. Причиной является раствор угольной кислоты, которая образуется при термическом и химическом разложении карбонатов и бикарбонатов присутствующих в воде при нарушении ее подготовки. Выглядит это как бугорчатые отложения, под которыми находятся язвины размером от 5 до 20 мм.

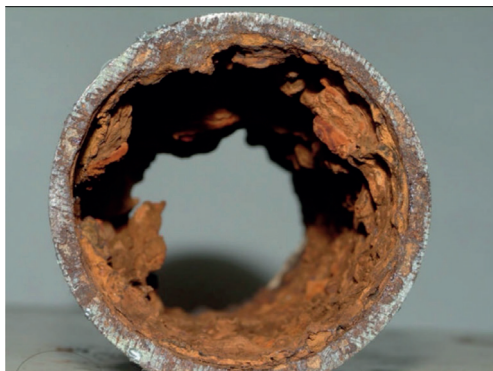


Рис. 2. Углекислая коррозия

- Щелевая коррозия. Возникает в местах сварных соединений при некачественном выполнении шва (с непроваром). В результате чего в этой области создается застойная зона, в которой среда становится более кислотной и концентрированной.



Рис. 3. Щелевая коррозия

- Коррозионное разрушение прямошовных сварных труб. Зачастую данный вид коррозии наблюдается у трубопроводов большого диаметра. Разъедание происходит по внутренней стороне линии сплава, когда после автоматической сварки трубы не подвергаются термообработке, в результате чего повышается остаточное напряжение в месте шва, приводящее к разрушению.



Рис. 4. Коррозионное разрушение прямошовных сварных труб

После выполнения работ по прокладке трубопроводов уже через 5–6 лет можно обнаружить утечку рабочей среды через повреждения по причине образования внутренней коррозии. В результате чего увлажняется теплоизоляционный слой трубы, а это уже является причиной возникновения наружной коррозии.

Наружная коррозия – это следствие химических или электрохимических реакций, образующихся под воздействием окружающей среды [3]. При химической коррозии металлы входят в химическую реакцию с активными газами и жидкостями, которые находятся в окружающую среду. А при электрохимической коррозии поражение металла возникает в следствии соприкосновения с электролитами, когда вместе с химическим взаимодействием возникает движение электрического тока, по этой причине при проектировании трассы трубопроводов необходимо проводить химический анализ грунтов.

Наружной коррозии в большей степени подвержены трубопроводы, проложенные на территории свалок, рядом с сливами бытовой и ливневой канализации, а также на территориях химических и металлургических заводов, где грунт является наиболее коррозионно-опасным.

Так же возникновение наружной коррозии может быть в следствии гидроудара, при котором резкое повышение давления приводит к изменению и утонению стенки трубопровода.

Внутренняя и наружная коррозия трубопроводов могут развиваться как по отдельности, так и вместе. При совместном протекании процесса начало разрушения происходит с образования язвин внутри стенки трубы, после чего теплоноситель вытекает и смачивает теплоизоляционный слой, что приводит к возникновению наружной коррозии. Возникновение только наружной коррозии возможно при неблагоприятных гидрогеологических условиях, а именно увлажнением поверхности трубопровода в результате подтопления грунтовыми водами или в следствии утечек из трубопроводов бытовой и ливневой канализации [4]. В основном для наружной коррозии характерны местные поражения, расположен-

ные на расстоянии не более 1,5 метра. В настоящее время оба вида коррозии являются самой опасной причиной преждевременного износа трубопровода.

Литература

1. Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В. Коррозия и защита от коррозии. М., 2006. – 306 с.
2. Гофман Ю. М. Тепловые сети. Атлас – справочник по характерным повреждениям и дефектам трубопроводов тепловых сетей / Тепловые сети. – 2012. – 15 с.
3. Габитов А. И. Итоги и перспективы в теории и практике борьбы с коррозией. – Уфа: Государственное издательство научно-технической литературы «Реактив», 1998. – 124 с.
4. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов. Учебное пособие. 2–е издание, стереотипное. Перепечатка с издания 1976 г. – Москва: Альянс, 2006. – 472 с.

УДК 004.94+УДК 697.9

Дмитрий Владимирович Щеглов,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: dmitriy.scheglov@rambler.ru

Dmitry Vladimirovich Shcheglov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: dmitriy.scheglov@rambler.ru

СОПЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХА В СПОРТИВНОМ ЗАЛЕ

NOZZLE AIR DISTRIBUTION IN THE GYM

Распределение воздуха в больших спортивных залах оказывает значительное влияние на самочувствие и здоровье человека. Организовать схему воздухораспределения, которая будет отвечать не только эстетическим требованиям, но и требованиям микроклимата всегда непростая задача для инженеров–проектировщиков, конструкторов, архитекторов и дизайнеров.

В данной статье на примере расчёта спортивного зала показаны шаги работы с помощью современного гидродинамического пакета STAR–CCM+. Для анализа параметров микроклимата используются методы численного решения исходной системы дифференциальных трехмерных уравнений Навье–Стокса. В качестве приточных устройств используется сопловое воздухораспределители ЗСДК–200. На вытяжке установлены конические диффузоры ДКФ–355.

Ключевые слова: SolidWorks, STAR–CCM+, воздухораспределение, температурное поле, поле скоростей, содержание CO₂.

The distribution of air in large sports halls has a significant impact on the well-being and health of a person. Organizing an air distribution scheme that meets not only aesthetic requirements, but also the requirements of the microclimate is always a difficult task for design engineers, designers, architects and designers.

This article shows the steps of working with the modern hydrodynamic package STAR–CCM+ using the example of a gym calculation. Methods of numerical solution of the initial system of differential three–dimensional Navier–Stokes equations are used for the analysis of microclimate parameters. ЗСДК–200 nozzle air distributors are used as supply devices. Conical diffusers DKF–355 are installed on the hood.

Keywords: SolidWorks, STAR–CCM+, air distribution, temperature pattern, velocity field, CO₂ content.

Система вентиляции в помещениях с массовым пребыванием людей напрямую определяет внутренние параметры микроклимата [1]. Для рассмотрения данного вопроса в статье была изучена перемешивающая схема распределения воздуха «сверху-вверх».

С помощью программного комплекса SolidWorks замоделировано помещение спортивного зала габаритами $33 \times 39,2 \times 19,25$ м (рис. 1). После произведен импорт модели в программный комплекс STAR-CCM+ и дальнейший расчёт по аналогии с [2,3]. Построена расчетная сетка, для визуального представления которой добавлены плоскости сечения и области сгущения с более мелкими ячейками у приточных и вытяжных воздухораспределителей, оборудования и людей (все поступления от людей заданы от поверхности трибуны). Затем произведена завершающая настройка модели и установлены начальные и граничные условия в помещении.

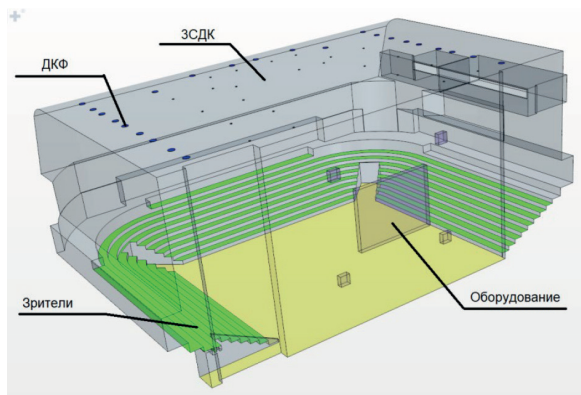


Рис. 1. Модель спортивного зала

Исходные данные для моделирования:

- В помещении находятся 1000 человек.
- Из оборудования установлен: один светодиодный LED-экран мощностью 5700 Вт, четыре колонки общей мощностью 4000 Вт и 25 осветительных приборов мощностью 120 Вт каждый.

- Объемный расход воздуха на притоке задан 24200 м³/ч.
- Температура приточного воздуха принимается равной $t_{\text{пр}} = 18$ °С.
- Воздухораспределители на притоке ЗСДК–200, на вытяжке ДКФ–355.

Результат решения данной задачи представлен в виде визуализированных рисунков полей температур, скорости и содержания СО₂.

Средняя температура в рабочей зоне на высоте 1,5 м от пола трибун колеблется в районе 26–27 °С (рис. 2), что не соответствует требованиям [4].

На рис. 3 представлен градиент температур в спортивном зале на 1000 человек.

Становится ясным, что расход 24200 м³/ч не способен полностью ассимилировать тепловыделения от зрителей и оборудования в спортивном зале.

На рис. 4 и рис.5 видно, что средняя скорость в сечениях, расположенных над рабочей зоной, не соответствует требованиям [4], находится в диапазоне от 0 до 0,5 м/с, а в некоторых местах, превышает данные значения. Это происходит из-за того, что тепловыделения от зрителей, оборудования и освещения неравномерно распределены по всему помещению.

Концентрация СО₂ в воздухе зала служит показателем содержания других веществ выделяемых человеком, которых в относительных концентрациях образуется меньше [5].

Из-за того, что выделение углекислого газа гораздо больше других вредных веществ, а его концентрацию можно измерить с большой точностью, было принято использовать в расчете именно СО₂.

На нижних рядах, в рабочей зоне над зрителями (рис. 6 и рис. 7), концентрация СО₂ составляет около 1300 ppm, при условии, что наружный воздух подается в помещение с концентрацией 400 ppm, согласно [6,7] это соответствует 3 классу качества воздуха, однако на верхних рядах данный показатель соответствует более 1600 ppm, что говорит нам о низком 4 классе качества.

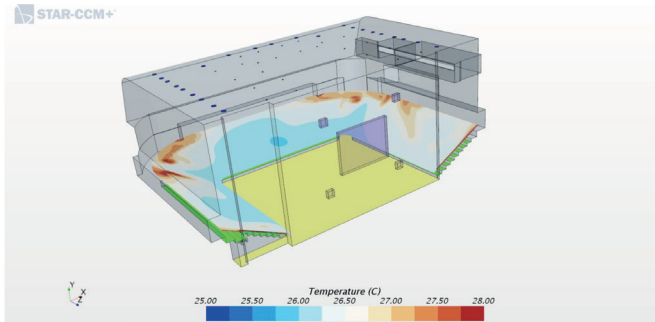


Рис. 2. Поле температур над зрителями

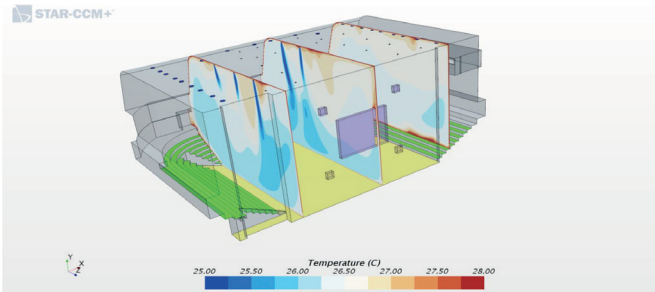


Рис. 3. Вертикальное поле температур в помещении

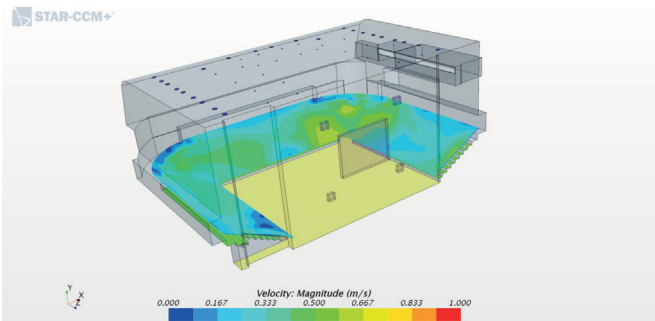


Рис. 4. Поле скоростей потока воздуха над зрителями

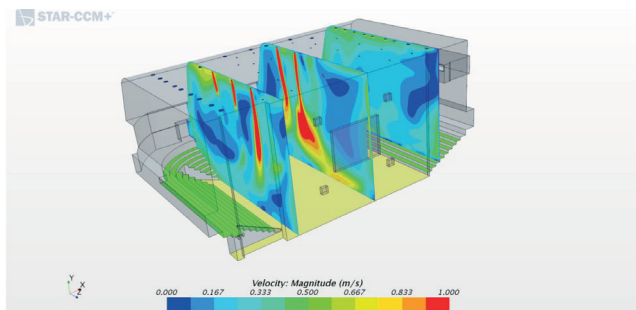


Рис. 5. Вертикальное поле скоростей потока воздуха

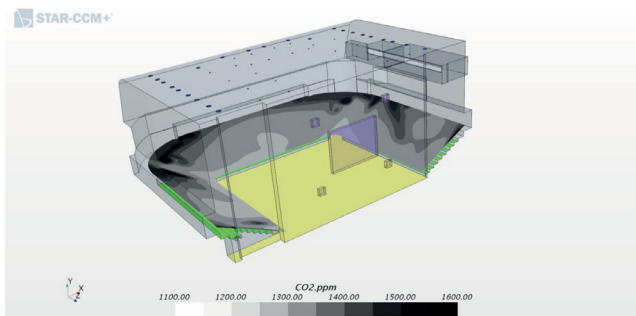


Рис. 6. Распределение CO₂ над зрителями

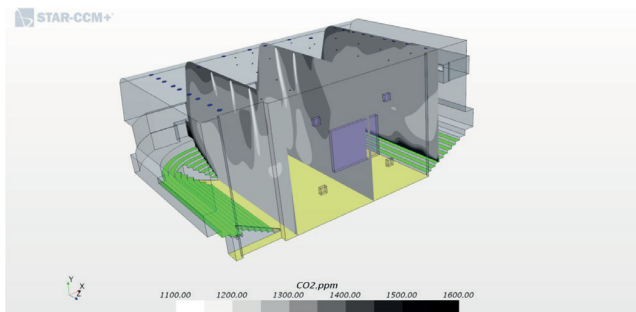


Рис. 7. Вертикальное распределение CO₂ в помещении

На основании сравнения нормативной документации и полей параметров воздуха, полученных в процессе расчета, микроклимат в помещении является недопустимым по содержанию CO_2 .

В дальнейшем, чтобы соответствовать допустимым параметрам по [4,6,7], в данной схеме воздухораспределения, необходимо увеличить диаметр приточных сопловых устройств, или заменить их на конические диффузоры, благодаря этому получится избежать превышения скорости в рабочей зоне. Так же следует увеличить расход подаваемого воздуха в помещение для того, чтобы снять теплоизбытки и уменьшить содержание CO_2 .

Более радикальным, но эффективным методом будет переход на схему «снизу-вверх». Это решение будет иметь преимущество по обеспечению оптимальной скорости движения воздуха в рабочей зоне и оптимальным значениям CO_2 , посредством равномерного смешения приточного воздуха с воздухом помещения [8]. Будущим продолжением исследования станет сравнение схем воздухораспределения «сверху-вверх» и «снизу-вверх».

Литература

1. *Sukhanova I. I.* Numerical modeling of the microclimate and air quality of an Orthodox church in Saint Petersburg, E3S Web of Conferences, Vol. 91. 02002. 2019. 6 с.
2. *Денисихина Д. М., Шупашева Р. Ж., Колубков А. Н.* Решение задач распределения воздуха в спортивном зале борьбы //АВОК. 2015. №4. 6 с.
3. *Денисихина Д. М.* Особенности численного моделирования поведения воздушных потоков в объемах концертных и театральных залов // Интернет журнал «НАУКАВЕДЕНИЕ». 2014. №3. 13 с.
4. СП 118.13330.2012* Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями № 1, 2). 2012. 118 с.
5. *Квашин И. М., Гурин И. И.* К вопросу о нормировании воздухообмена по содержанию CO_2 в наружном и внутреннем воздухе // АВОК. 2008. №5. 6 с.
6. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. 2011. 20 с.
7. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. 2018. 176 с.
8. *Шубина Т. С.* Проектирование систем организации воздухообмена залов зданий зрелищного назначения //АВОК. 2000. №3. 8с.

СЕКЦИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 504.054:661.152

Азат Батырович Атаев, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: azat.atayew20172018
@gmail.com

Azat Batyrovich Ataev, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: azat.atayew20172018
@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВОДА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

PRODUCTION OPTIMIZATION AT THE FACTORY OF MINERAL FERTILIZERS TO INCREASE ITS ENVIRONMENTAL SAFETY

В бывшем рабочем поселке Гарабогаз (Бекдаш) построен большой завод по производству минеральных удобрений и синтетических моющих средств. 2/3 продукции предназначено для вывоза за рубеж, в основном в Турцию, Иран, Китай. Сырьем для него служат природный газ, добываемый в Туркмении, и продукты нефтепереработки, поставляемые из Туркменбаши (Красноводска). Завод и заново оборудованный причал, несмотря на соблюдение ряда экологических требований, оказывают давление, если не сказать, отрицательное влияние на экологическую ситуацию Каспия, в частности, залива Кара-Богаз-Гол. В статье автор предлагает ряд мер по оптимизации производства «Гарабогазкарбамида» с целью повышения его экологической безопасности.

Ключевые слова: Гарабогаз, «Гарабогазкарбаמיד», Каспийское море, минеральные удобрения, оптимизация производства, очистные сооружения, синтетические моющие средства, экологическая безопасность.

In the former working village of Garabogaz (Bekdash) a large plant for the production of mineral fertilizers and synthetic detergents was built. 2/3 of the products are planned for export abroad, mainly to Turkey, Iran, China. Natural gas produced in Turkmenistan and oil products supplied from Turkmenbashi (Krasnovodsk)

are the raw materials for it. The plant and the newly equipped pier, despite observing a number of environmental requirements, exert pressure, if not to say, negatively affect the environmental situation of the Caspian Sea, in particular, the Karabogaz-Gol Bay. In the article, the author proposes a number of measures to optimize “Garabogazcarbamide”’s production in order to increase its environmental safety.

Keywords: Garabogaz, “Garabogazcarbamide”, the Caspian Sea, mineral fertilizers, production optimization, treatment plants, synthetic detergents, environmental safety.

В Гарабогазе по заказу ГК «Туркменхимия» построен современный карбамидный завод «Гарабогазкарбамид» с глубокой переработкой газа и нефтепродуктов. На нем предусматривается выпуск не только карбамида для изготовления минеральных удобрений, но и синтетических моющих веществ и аммиака. Проект был реализован двумя мегакорпорациями: японской «Mitsubishi Corporation» и турецкой «Gar İnşaat». Строительство было закончено в сентябре 2018 года. На 60 га площади разместились: два склада для мочевины по 50 тыс. т каждый, склад на 10 тыс. т жидкого аммиака, а также цех по его производству, системы водо- и газоснабжения, водоочистки, фасовке и погрузке, и другая инфраструктура.

Завод выпускает продукции 1,155 млн т/год или 3,5 тыс. т/сут. Получают ее из природного газа, который добывается в туркменских месторождениях залива Кара-Богаз-Гол. Размещение завода в Гарабогазе было продиктовано тем, что рядом находится газокompрессорная станция «Хазар» мощностью 2 млрд. м³/год, собирающая попутный нефтяной газ с шельфовых платформ, а также Хазарский химический завод. В 120 км к югу в Туркменбаши (Красноводске) работает нефтехимический перерабатывающий комплекс с необходимой инфраструктурой для поставки сырья на «Гарабогазкарбамид». Поскольку проект является экспортным, то предполагается 2/3 продукции поставлять в зарубежье. Сопутствующим решением стало строительство в Гарабогазе нового причала. Планируется также открытие нового автомобильного моста через залив на дорожном участке «Туркменбаши-Карабогаз-Казахстан».



Рис. 1. Вид производственных мощностей «Гарабогазкарбамида»

Многие ученые подчеркивают, что научные основы развития устойчивых природно-технических систем предполагают обеспечение экологической безопасности промышленных объектов [1–9]. Сроки возможного исчерпания различных видов полезных ископаемых вполне обозримы (табл. 1) [10].

В статьях и докладах с тревогой отмечается, что любое производство, а тем более, токсичное, должно быть экологически безопасным, энергоэффективным, ресурсосберегающим, биопозитивным для создания благоприятных условий жизнедеятельности населения [11–14]. Хотя при строительстве завода был сделан большой упор на экологию, все же введение его в строй дало дополнительную негативную нагрузку на экосистему Каспийского моря [15].

Каспий – замкнутая экосистема, и нарушение экологического баланса в одном районе приводит к безвозвратной гибели всей уникальной природной среды. Так, чрезмерное антропогенное воздействие и необоснованное природопользование привели к быстрому разрушению экосистемы Аральского моря и его почти полному исчезновению. Поскольку до 1992 г. залив Кара-Богаз-Гол был перекрыт дамбой, площадь его водной поверхности также су-

щественно сократилась, а прибрежная зона подверглась опустыниванию. Промышленное освоение региона и широкомасштабная разработка нефте-газовых месторождений на каспийском шельфе несут потенциальную опасность непредсказуемых чрезвычайных ситуаций. Воды залива чрезмерно загрязнены нефтью, нефтепродуктами и другими токсичными веществами при транспортировке грузов [16, с. 136–137]. В заливе Кара-Богаз-Гол обнаружены фенолы, ряд высокотоксичных тяжелых металлов: ртуть, свинец, кадмий и мышьяк, никель, ванадий, барий, медь, цинк. Их концентрация превышает все разрешенные нормы.

Таблица 1

Прогнозируемое время выработки ресурсов

| Ресурсы | Прогнозируемое время выработки, лет |
|---------------|-------------------------------------|
| Медь | 10 |
| Свинец | 3–5 |
| Никель | 25 |
| Олово | 5 |
| Железо | 60 |
| Алюминий | 340 |
| Металл | 50 |
| Нефть | 40–50 |
| Природный газ | 50 |
| Уголь | 370 |

Нефтегазовый, химический, металлургический, энергетический, сельскохозяйственный комплексы экономики Туркмении наносят ощутимый вред экосистеме Каспийского моря. Цепь промышленных городов на побережье Туркмении: Балканабат, Гарабогаз, Карагель,

Туркменбаши, Хазар (бывш. Челекен, спроектированный в ленинградском НИИ) стали крупными очагами антропогенного опустынивания. С усиленной разработкой и эксплуатацией месторождений богатых углеводородами и запредельный траффик перегруженных танкеров более 122 тыс. т опасных и токсичных нефтяных сливов ежегодно попадают в крупнейшей закрытый водоем в мире [17]. Такие прикаспийские страны, как Россия, Казахстан и Азербайджан развивают шельфовую добычу нефти несмотря на чрезвычайную экологическую ситуацию. Их нефтяные вышки сливают в Каспий 95% всех загрязнений. Отрицательный экологический эффект бездумного техногенного производства дает о себе знать. Практически исчез каспийский тюлень, так как полностью изменился состав живого вещества прикаспийского ареала. До сих пор специалисты не могут подсчитать экологический ущерб от аварии нефтяной платформы в Мексиканском заливе, которую назвали нефтяным «чернобылем». В последнее время и Туркменистан увеличил добычу нефти на шельфе в 5–7 раз, что само по себе говорит о критической ситуации в регионе (рис. 2) [15].



Рис. 2. Одна из каспийских платформ недалеко от Карагеля и Гёк-Байира

Для того чтобы улучшить экологическую ситуацию в регионе, необходимо повысить экологическую безопасность предприятия, минимизировать вред, наносимый его выбросами окружающей среде [18-21]. Автором предлагается, кроме организации системы постоянного экологического мониторинга, подготовки технически грамотных сотрудников для обслуживания и эксплуатации завода, произвести ряд технологических изменений в оборудовании завода, стоящего по сути дела в пустыне возле соленого моря. Так, строительство замкнутой промышленной установки для фильтрации оборотной воды может предотвратить попадание промышленных стоков в морскую среду [22]. В такой системе вода проходит первичную подготовку и поступает потребителю. Один поток направляется для грязного цикла, другая часть после доочистки – туда, где требуется чистая вода высокого качества и на эту же установку она возвращается после чистого цикла. Вода от грязного цикла попадает на безвозвратное потребление. Накопленный шлам подлежит утилизации через газогенератор. В данном случае имеет смысл оборудовать установку эффективной системой боковой фильтрации с низким потреблением энергоресурсов. Речь идет о том, что из всей оборотной воды отводится около 10% воды, которая после фильтрования через большое число фильтров, установленных по параллельной схеме, вновь возвращается в оборотное водоснабжение. В итоге, качество воды поддерживается на приемлемом уровне. Модуль фильтрации обеспечивает очистку до 4400 м³ воды в рамках оборотного водоснабжения завода [23–24].

Промышленные стоки завода, насыщенные солями, могут нанести значительный ущерб экосистеме залива. Мобильными установками по опреснению воды, работающими на солнечной энергии, поскольку объект, по сути дела, находится в пустыне, можно обеспечить не только заводы «Гарабогазкармид» и «Гарабогазсульфат», но и газо-нефтехимические производства по всему региону Кара-Богаз-Гола (рис. 3) [25].

Также важно проанализировать вопрос о постройке «Гарабогазкармидом» своей собственной электростанции. Мощность от 1 000 до

10 000 кВт обойдется заводу от 20 до 50 тыс. руб. за кВт. Собственная электростанция для «Гарабогазкармида» – дело перспективное и отвечает целям развития устойчивых природно-технических систем. Цена автономной мобильной газотурбинной (газопоршневой) электростанции мощностью 3000 кВт (3МВт) – от 2 млн. € [26].

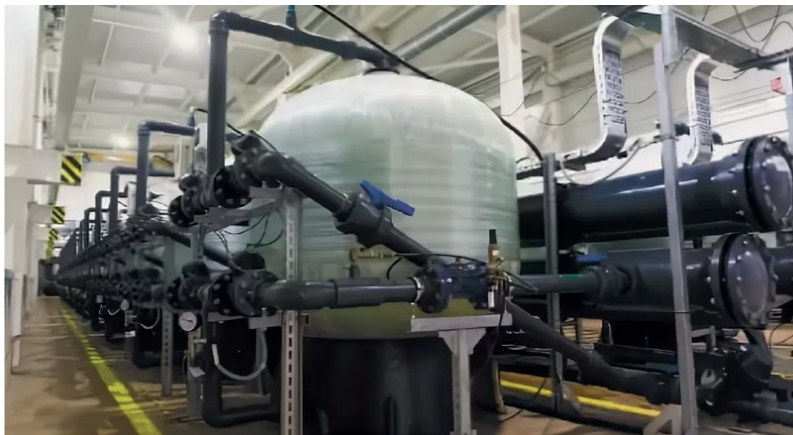


Рис. 3. Вид установки с боковой фильтрацией оборотной воды предприятия



Рис. 4. Вид опреснительной установки Aqua4 на солнечной энергии

Исходя из задач безопасного использования комплекса следует оборудовать завод современными установками по очистке. Для очистки воздуха от сернистого газа и аммиака применяют-

ся скрубберы с наполнителями различных свойств, что дает хорошие результаты.

Таким образом, выполняя вышеупомянутые меры по корректировке технологии производства можно значительно повысить экологическую безопасность предприятия, что благоприятно отразится на экосистеме Каспийского моря.

Литература

1. *Тетиор А. Н.* Экоцити: проблемы, решения [Ecocity: problems, solutions]. М.: НИИ-Природа, 2005.
2. *Смирнова Е. Э.* Экологические основы природопользования. Санкт-Петербург: Ютас, 2006. 120 с.
3. *Смирнова Е. Э.* Экология. Санкт-Петербург: Ютас, 2010. 100 с.
4. *Slesarev M. Y., Telichenko V. I.* The computer modeling concept in the paradigm of Green Standardization of ecological construction // Сборник: IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. and Eng. 2018. Vol. 456. С. 012126.
5. *El-Haggar S. M.* Sustainable development and industrial ecology // Sustainable Industrial Design and Waste Management: Cradle-to-cradle for Sustainable Development. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 2007. С. 85–124.
6. *Smirnova E.* Control capability of environmental safety in the context of 'green' construction paradigm // *Espacios*. 2018. Т. 39. № 22. С. 40.
7. *Smirnova E., Zaikin V.* Problem of urban planning for sustainable development // Сборник: E3S Web of Conf. 2019. Vol. 91. С. 05030.
8. *Hertwich E. G., Ali S., Ciacci L., Fishman T., Heeren N., Masanet E., ... Wolfram P.* Material efficiency strategies to reducing greenhouse gas emissions associated with buildings, vehicles, and electronics – a review // *Environmental Research Letters*. Vol. 14. № 4. С. 043004.
9. *Savin S. and Smirnova E.* Evaluation of mechanical safety of building structures using elastic vibrations varying in wave length. *World Applied Sciences Journal*. 2013. Т. 23. № 11. С. 1448–1454.
10. *Смирнова Е. Э.* Охрана окружающей среды и основы природопользования. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2012. 48 с.
11. *Slesarev M, Pankratov E., Fedorov V.* Mathematical model of innovative sustainability Green construction object // Сборник: MATEC Web Conf. 2016. Vol. 196. С. 04022.
12. *Telichenko V., Tesler K.* The coastal territory of the Yauza River as an urban recreational carcass // Сборник: IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. and Eng. 2018. Vol. 365 (2). С. 022070.

13. *Смирнова Е. Э.* Экологический аудит как экономический инструмент управления природопользованием // Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей. Сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Политехнический университет Петра Великого, 2010. С. 220–222.

14. *Smirnova E., Savin S.* Predicting the service life of buildings and facilities to minimize the risk of losses in the conditions of natural and technogenic emergency situations // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 4. Сер. “4th International Conference on Civil Engineering and Materials Science, ICCEMS 2019”. 2019. Vol. 652. С. 12010.

15. *Akhmadiyeva Z., Abdullaev I.* Water management paradigm shifts in the Caspian Sea Region: Review and outlook // Journal of Hydrology. Vol. 568. С. 997–1006.

16. *Панасенко Д. Н.* Экологическая безопасность Каспийского моря в условиях нефтегазодобывающей деятельности // Вестник АГТУ. 2004. № 2. 136–144.

17. *Сыздыкова А. С.* The problems of environmental pollution of the Caspian Sea // Молодой ученый. 2019. № 24. С. 70–71.

18. *Смирнова Е. Э.* Оптимизация ливневой канализации для улучшения качества очистки сточных вод с целью повышения ее экологической безопасности // В сборнике: Безопасность в строительстве. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2019. С. 111–115.

19. *Смирнова Е. Э., Топоева А. М.* Оптимизация технологий водоподготовки с целью повышения её экологической безопасности // В сборнике: Безопасность в строительстве. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2019. С. 116–121.

20. *Смирнова Е. Э., Катаева Е. С.* Использование экологически безопасных источников электроэнергии с целью повышения экологической безопасности градостроительной среды // В сборнике: Безопасность в строительстве. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2019. С. 126–131.

21. *Смирнова Е. Э., Субботина Н. А., Литвиненко Ю. Н.* Использование новых экологически безопасных методов охлаждения воды на атомных электростанциях // В сборнике: Безопасность в строительстве. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2019. С. 196–204.

22. *Смирнова Е. Э., Тимашикова А. А., Атаев А. Б.* Влияние строительства на водные объекты и методы очистки загрязненных сточных вод // В сборнике: Безопасность в строительстве. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Санкт-Петербург, 2019. С. 132–137.

23. Гинин А. Е. Модернизация системы оборотного водоснабжения нефтехимических предприятий // Химическая техника. 2015. № 7. С. 26–28.

24. Рунов Д. М., Лантев А. Г. Результаты промышленной эксплуатации прибора электромагнитной обработки воды в системе оборотного водоснабжения газоперерабатывающего завода // Нефтегазовое дело. 2014. № 12(2). С. 158–172.

25. Гонопольский А. М. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Инженерная защита окружающих территорий мегаполиса. М.: МГУИЭ, 2004. 368 с.

26. Поляков В. О. Когенерации, малой энергетике и строительстве тепловых электростанций. Когда решили строить собственную электростанцию, или Своя электростанция – актив или разоряющий пассив. URL: <http://www.cogeneration.ru/public/when-decide-build.html> (дата обращения: 05.03.2020).

УДК 504.61

*Лидия Леонидовна Голубева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: golubeva.l.107@yandex.ru*

*Lidiya Leonidovna Golubeva, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: golubeva.l.107@yandex.ru*

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

WAYS TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE MINING INDUSTRY IN ORDER TO IMPROVE ITS ENVIRONMENTAL SAFETY

В данной статье рассматривается влияние горнодобывающей промышленности на состояние окружающей среды. Современная эпоха развития науки и техники, являющаяся решающим фактором роста производства, необратимо воздействует на окружающую среду, взаимодействие человека и природы особо остро проявляются в экологических проблемах. Горнодобывающая промышленность постоянно развивается, ведь она приносит странам огромный доход, поднимая экономику на новый уровень. Это одна из ведущих отраслей экономики мира, на которую тратится большое количество ресурсов, задействуется все больше техники и людей. Интенсивное развитие промышленности неизбежно приводит к истощению ресурсов природы, загрязнению природной среды, нарушению естественных процессов, что, в свою очередь, влечет за собой негативные последствия для экологического состояния.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, экология, защита окружающей среды, аддитивное воздействие, разработка земных недр, загрязнения.

This article examines the impact of the mining industry on the environment. The modern era of development of science and technology, which is a decisive factor in the growth of production, irreversibly affects the environment, the interaction of man and nature is particularly acute in environmental problems. The mining industry is constantly developing, because it brings huge income to countries, raising the economy to a new level. This is one of the leading sectors of the world's econo-

my, where a large amount of resources is spent, and more equipment and people are being used. Intensive development of industry inevitably leads to depletion of natural resources, pollution of the natural environment, disruption of natural processes, which, in turn, leads to negative consequences for the ecological state.

Keywords: mining, ecology, environmental protection, additive impact, development of bowels of the earth, pollution.

Учитывая большое количество полезных ископаемых, существует равносильное количество способов разработки месторождений. Если ископаемые находятся на поверхности, под неглубоким пластом осадочной породы, для их добычи используют способ карьерный или разрезной. С помощью техники верхний слой разрушается и снимается, сырье изымается и отправляется на производство, для обогащения. Таким образом добывают уголь, цветную и черную руду, силикаты, алмазы, драгоценные металлы. Если ископаемое находится глубже 500 метров под землей, целесообразнее использовать шахтный способ. Для этого в земле делается глубокая скважина – ствол, от которой отходят разветвления. На глубину до 1,5 километров опускают технику, людей и начинается выработка. Для перемещения добытого сырья на поверхность используют конвейеры, чтобы автоматизировать, ускорить и облегчить процесс.

Специфика горнодобывающей промышленности состоит в том, что в месте разведанных залежей полезных ископаемых проводятся манипуляции, направленные на оценку месторождения, сбор информации для составления проекта разработки месторождения, и, в дальнейшем, получение сырья.

К негативным последствиям получения сырья в горнодобывающей промышленности следует отнести: загрязнение водных ресурсов, почвы и атмосферы, изменение гидрогеологических, атмосферных и почвенных условий в зонах горных разработок, затопление или заболачивание отработанных территорий, обезвоживание почвенного слоя, ухудшение состава воздуха, изменение облика поверхности земли.

Проблема защиты экологии от воздействия промышленности актуальна уже не первое десятилетие, но с каждым годом ее значи-

мость растет. Особо остро поднимается вопрос экологической безопасности в промышленных городах нашей страны. Ярким примером города-промышленника является город Норильск. Еще в 1930-х годах предприятия Норильского горно-металлургического комбината осуществляли выбросы в атмосферу, в результате чего образовался накопленный экологический ущерб. Интересен тот факт, что роза ветров возле заводов «Норильского никеля» проходит таким образом, что при любом ветре все выбросы направляются в город. В результате жители Норильска вынуждены сталкиваться с более 2 миллионами тонн токсичных соединений ежегодно, которые в прямом смысле «выпадают» на население. По данным Минздрава России, риски возникновения онкологических заболеваний выше в 2 раза, чем в среднем по стране, а дети чаще страдают болезнями крови и почек.

Для решения вопросов экологической безопасности необходимо создать комплекс мер, направленных на разрешение проблем экологии в горнодобывающем секторе. Примером могут быть следующие процедуры:

Технологические – для сохранения природных ресурсов от необратимого истощения и загрязнения в результате развития горнодобывающей промышленности следует прилагать усилия к рациональному использованию недр в процессе добычи полезных ископаемых в месторождениях. Для достижения этой цели необходимо использование новых технологий, с помощью которых удалось бы снизить все виды загрязнений, создающие аддитивное воздействие на экологию в целом.

Правовой – в рамках этого комплекса мер следует рассмотреть правовое поле как государства, так и предприятий. Государство должно в полной мере контролировать соблюдение законов, постановлений и подзаконных актов, создавать природоохранные мероприятия, а представители промышленности, в случае несоблюдения данных норм и правил, должны подвергаться санкциям.

Управленческий – равномерное распределение природоохранных ресурсов; озеленение санитарно-защитных зон так назы-

ваемыми растениями-фильтрами, устойчивыми к загрязнению почвы и воздуха вблизи.

Экономические – данный вид мер наиболее проблематичным, так как финансовые вложения являются самым эфемерным ресурсом. Денежные вложения в вопросах экологической безопасности нужны и на этапах разработки законодательных норм, и в рамках создания и поддержки программ по защите экологии. Экономическая нагрузка в данной тематике возложена как на государство, так и на частных лиц.

Предложенные меры должны в полном объеме охватывать данную сферу народного хозяйства и регулировать ее деятельность.

Несомненно, ослабление горнодобывающего производства невозможно и ошибочно, поскольку без него мы утратим полноценные условия для жизни и существования. Человечеству необходимо проявлять интерес к проблемам усугубления экологической обстановки в результате активной разработки земных недр. Государство должно позаботиться о сохранении водного фонда, земной поверхности, атмосферы и окружающей среды в целом, производя вклад в здоровую жизнь будущих поколений.

Литература

1. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология: Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления Глобального экологического кризиса; обзор современных принципов и методов защиты биосферы: Учебник для вузов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 327 с.
2. Ветошкин А. Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов: уч. пособие. – М.:Инфра-Инженерия, 2019. – 316 с.
3. Петрова Е. Е. Природоохранная деятельность предприятий: инвестирование, учет и анализ. – СПб.: СПбГЭУ, 2015. 199 с.

УДК 331.45

*Алёна Анатольевна Загадайлова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: azagadailova@yandex.ru*

*Alena Anatolevna Zagadailova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: azagadailova@yandex.ru*

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL RISKS OF HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES

Процедура оценки и управления профессиональными рисками, в силу требований Приказа Минтруда России от 19.08.2016 г. №438н, обязательна для работодателя, являясь неотъемлемой частью Системы управления охраной труда (СУОТ). При этом следует отметить, что данная процедура является не только обязательной для работодателя, что обусловлено действующим законодательством, но и представляет собой, при правильном применении, мощный инструмент в обеспечении безопасности труда работников организации.

Управление профессиональными рисками в организации не требует больших финансовых вложений, но благодаря этому приносит пользу путем снижения уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, сокращения социальных выплат, повышения производительности труда, сокращение простоев на производстве.

В статье рассматривается методика оценки профессиональных рисков на предприятии. В работе приведен анализ методов оценки профессиональных рисков на рабочих местах работников предприятия.

Ключевые слова: профессиональный риск, оценка профессиональных рисков, травматизм, профессиональное заболевание, опасность.

Due to the requirements of the Order of the Ministry of labor of the Russian Federation No. 438n dated 19.08.2016, the procedure for assessing and managing professional risks is mandatory for the employer, being an integral part of the labor protection management System. At the same time, it should be noted that this procedure is not only mandatory for the employer, which is due to the current legislation, but also represents, if properly applied, a powerful tool in ensuring the safety of employees of the organization.

Management of professional risks in the organization does not require significant financial investments, but it can be beneficial by reducing the level of occu-

pational injuries and occupational diseases, reducing payments, increasing productivity, reducing production downtime. The article describes the method of assessing professional risks in the enterprise. The paper presents an analysis of methods for assessing professional risks in the workplace of employees of the enterprise.

Keywords: occupational risk, assessment of occupational risks, injuries, occupational disease, danger.

Управление рисками — комплекс взаимосвязанных мероприятий, которые включают в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней профессиональных рисков [1].

Для организации процедуры управления профессиональными рисками работодатель, исходя из специфики своей деятельности, обязан реализовать мероприятия по управлению профессиональными рисками, а именно [2]:

- а) выявление опасностей;
- б) оценка уровней профессиональных рисков;
- в) снижение уровней профессиональных рисков.

Нормативное обоснование – статьи 209, 211, 212, 219 Трудового кодекса Российской Федерации, пункты 33, 34, 35 Типового Положения о системе управления охраной труда, утвержденного приказом Минтруда России от 19.08.2016 г. № 438н.

В мире разработаны и широко применяются более 70 методов анализа и оценки рисков. **Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 описывает 31 метод оценки.**

Прямые методы основываются на данных статистики. Они применяются, как правило, к какой-либо отрасли в целом и используются страховыми компаниями и службами статистики.

Косвенные методы подразумевают аудит рабочих мест, аудит организации производства работ, интервьюирование, опрос сотрудников.

В практике работы в организациях используются, как правило, именно косвенные методы, наибольшее распространение из которых получил метод «контрольных листов» («check-list») в сочетании с методом «матрицы последствий и вероятностей» (так-

же – «матрицы риска»), возможно, с некоторыми модификациями (метод Файна-Кинни) [3].

Представленная методика проведения оценки профессиональных рисков представляет собой модификацию **метода Файна-Кинни**. Основная идея этого метода заключается в оценке индивидуальных рисков как произведение трех составляющих – частоты, вероятности и последствия наступления события. В каждом конкретном случае определяется, каким образом тот или иной технологический процесс, оборудование или нарушение требований охраны труда может привести к производственной травме или профессиональному заболеванию.

Проведение оценки таким способом приводит к классификации рисков по их степени серьезности по четырем группам: малозначимый, средний, высокий, недопустимый.

В зависимости от полученного коэффициента степени риска и итоговой классификации профессионального риска расставляются приоритеты в отношении мер, которые необходимо принять для устранения или снижения риска повреждения здоровья человека на рабочем месте, составляется план мероприятий [4].

1 этап. Идентификация (выявление) опасностей

Идентификация (выявление) опасностей проводится по рестру, взятому из Типового Положения о СУОТ (Приказ Минтруда России №438н от 19 августа 2016 г.), который включает 146 пунктов.

Идентификация опасностей проводится на рабочих местах.

2 этап. Расчет величины риска по выявленным опасностям (табл. 1)

$$\text{Величина риска (R)} = \text{Вероятность (B)} \cdot \text{Частота (Ч)} \cdot \text{Последствия (П)} \quad (1)$$

3 этап. Определение уровня риска

В соответствии с матрицей по величине риска определяют уровень и необходимые действия (табл. 2).

Таблица 1

Величина риска

| Вероятность события | Частота | Последствия | Баллы |
|---------------------|-------------------------|--|-------|
| Сверх высокая | Ежечасно | Групповой несчастный случай со смертельным исходом или несчастный случай со смертельным исходом | 6 |
| Крайне высокая | Ежедневно | Групповой несчастный случай на производстве с тяжелой степенью тяжести | 5 |
| Высокая | Еженедельно | Тяжелый несчастный случай на производстве, инвалидность, профзаболевание | 4 |
| Средняя | Ежемесячно | Легкий несчастный случай на производстве | 3 |
| Низкая | Ежегодно | Случай временной нетрудоспособности, связанный с заболеванием от воздействия производственных факторов | 2 |
| Сверх низкая | Не чаще 1 раза в 2 года | Микротравма, без потери трудоспособности | 1 |

Уровень риска

| Уровень риска | Величина риска | Необходимые меры |
|------------------|----------------|--|
| Малозначимый (М) | 1–54 | Необходимо уделить внимание |
| Средний (С) | 55–108 | Требуются меры для снижения уровня риска в установленные сроки |
| Высокий (В) | 109–162 | Требуются неотложные меры, усовершенствования |
| Недопустимый (Н) | 163–216 | Немедленное прекращение деятельности |

4 этап. Документирование результатов оценки рисков

Оформление карт оценки рисков по рабочим местам, оформление Плана мероприятий, реестра опасностей.

5 этап. Разработка Положения по идентификации опасностей, оценке и управлению профессиональными рисками

Положение содержит:

- Область применения
- Нормативные ссылки
- Термины и определения
- Порядок организации оценки рисков
- Порядок проведения оценки рисков
- Порядок идентификации опасностей
- Порядок расчета величины риска
- Порядок определения уровня риска
- Порядок заполнения карт оценки рисков
- Порядок ознакомления работников с результатами оценки

рисков

- Анализ результатов оценки профессиональных рисков
- Порядок формирования мероприятий по снижению уровня профессиональных рисков
- Приложения

6 этап. Согласование работы, передача документов в печатном виде

В процессе расследования несчастного случая проверка начинается с реализовавшейся опасности (какая опасность привела к получению травмы работником или его смерти). Далее производится оценка качества организации работодателем процедуры управления профессиональными рисками, т.е. оценивается полнота перечня выявленных опасностей, качество и адекватность используемого метода (методов) оценки уровня рисков, а также установленные уровни оцененных рисков, полнота и эффективность разработанных мер управления.

Пример оценки профессионального риска для рабочего места слесаря-ремонтника приведен в таблице 3.

Таблица 3

Карта оценки профессиональных рисков для слесаря-ремонтника

Акционерное общество «Стройпром»

(полное наименование работодателя)

Карта № 012 оценки профессиональных рисков

| | |
|---|--|
| Структурное подразделение: | <i>Группа эксплуатации</i> |
| Наименование должности (профессии): | <i>Специалист по обслуживанию оборудования</i> |
| Используемое оборудование/инструменты: | <i>ПЭВМ, принтер, телефон, ручная рохля, штабелер, слесарный инструмент, электродрель, болгарка, шуруповерт, перфоратор, сверлильный станок, электропаяльник, промышленный пылесос</i> |
| Предложения от работников: | <i>Предложений не поступало</i> |

Таблица 4

Величина риска (R) = Вероятность (В) · Частота (Ч) · Последствия (П)

| № п/п | Описание процесса, при котором возникает риск | № опасности (согласно классификатора) | Наименование опасности (согласно классификатора) | Существующие мероприятия по управлению профессиональными рисками | Вероятность события (баллы) | Частота выполнения процесса, при котором возникает риск (баллы) | Тяжесть последствия (баллы) | Величина риска | Уровень риска (буквенное обозначение) | |
|-------|--|---------------------------------------|---|---|-----------------------------|---|-----------------------------|----------------|---------------------------------------|---|
| | | | | | | | | | В | Ч |
| 1 | Перемещение по территории организации в течение рабочего дня для выполнения служебных обязанностей, падение с лестницы | 1 | Опасность падения из-за потери равновесия, в том числе при спотыкании | Обозначение опасных мест предупреждающими знаками. Организация безопасного прохода по опасной зоне. Проявление личной осторожности при движении по территории организации | 2 | 6 | 3 | 36 | 9 | М |

| | | | | | | | | | |
|---|---|----|---|--|---|---|---|----|---|
| 2 | Выполнение работ на высоте | 2 | Опасность падения с высоты, в том числе из-за отсутствия ограждения | Соблюдение требований инструкций по охране труда при ведении работ на высоте. Применение страховочных систем. Наличие удостоверений на работы на высоте | 2 | 4 | 6 | 48 | С |
| 2 | 1. Перемещение по производственной зоне для выполнения служебных обязанностей, в том числе через стесненные рабочие места | 4 | Опасность удара | Соблюдение порядка на рабочем месте. Проявление личной осторожности. Применение средств индивидуальной защиты (ботинки с защитным подноском). Отсутствие посторонних в рабочей зоне | 2 | 4 | 3 | 24 | М |
| 3 | Перемещение по производственной зоне для выполнения служебных обязанностей, в том числе через стесненные рабочие места | 16 | Опасность падения груза | Соблюдение порядка на рабочем месте. Проявление личной осторожности. Применение средств индивидуальной защиты (ботинки с защитным подноском). Отсутствие посторонних в рабочей зоне | 2 | 4 | 3 | 24 | М |

Продолжение табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|--|---|---|---|---|----|----|
| 4 | 2. Выполнение работ по ремонту оборудования в стесненном пространстве | 4 | Опасность удара | При работе в стесненном пространстве проявление личной осторожности. Отсутствие посторонних в рабочей зоне. Применение средств индивидуальной защиты (ботинки с защитным подноском) | 3 | 5 | 3 | 45 | С |
| 5 | 3. При работе с ручным инструментом | 4 | Опасность удара | Применение средств индивидуальной защиты согласно матрице СИЗ. Исполнение требований ИОТ. Проявление личной осторожности при работе с ручным инструментом | 3 | 4 | 3 | 36 | М |
| | Наезд промышленного транспорта при перемещении по территории организации в течение рабочего дня для | | Опасность раздавливания, в т. ч. из-за наезда транспортного средства | Соблюдение требований инструкции по охране труда при перемещении по производственным помещениям, знаков безопасности | 3 | 5 | 4 | 60 | С |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|--|--|---|---|---|---|----|---|--|
| 6 | выполнения служебных обязанностей | 15 | | | | | | | | | |
| 7 | Выполнение работ с острыми деталями или острыми частями оборудования | 17 | Опасность разрезания, отрезания, пореза от воздействия острых кромок при контакте с незащищенными участками тела | Опасность разрезания, отрезания, пореза от воздействия острых кромок при контакте с незащищенными участками тела | Применение средств индивидуальной защиты (перчатки защиты от механических воздействий) | 3 | 5 | 3 | 45 | С | |
| 8 | Работа с инструментом ударного действия, при выполнении операций, где возможен отлет предметов, в том числе стружки и крупнодисперсных частиц | 21 | Опасность травмирования, в результате попадания инородного тела в глаза | Опасность травмирования, в результате попадания инородного тела в глаза | Применение средств индивидуальной защиты (защитные очки и перчатки защиты от механических воздействий) | 3 | 5 | 3 | 45 | С | |
| 9 | Поражения электрическим током при работе с электроинструментом | 22 | Опасность поражения током вследствие прямого контакта с токоведущими частями из-за касания незащищенными частями тела деталей, находящихся под напряжением | Опасность поражения током вследствие прямого контакта с токоведущими частями из-за касания незащищенными частями тела деталей, находящихся под напряжением | Ежедневная проверка перед началом работы по листу ежедневного ТО и ИОТ. Обучение по ЭБ на II гр. Периодическая проверка заземления оборудования. Изоляция токоведущих частей оборудования. Проявление личной осторожности | 2 | 5 | 6 | 60 | С | |

Продолжение табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|----|--|---|---|---|---|----|----|
| 10 | Работа с электроинструментом, в том числе с вращающимися элементами | 10 | Опасность намагнивания волос, частей одежды, средств индивидуальной защиты | Применение средств индивидуальной защиты согласно матрице СИЗ. Исполнение требований ИОТ, Проявление личной осторожности при работе с электроинструментом инструментом. | 2 | 5 | 5 | 50 | С |
| 11 | Поражения электрическим током на рабочем месте | 23 | Опасность поражения током вследствие контакта с токоведущими частями, которые находятся под напряжением из-за неисправного состояния (косвенный контакт) | Осмотр рабочего места перед началом работы. Инструктаж на I гр. по ЭБ Регулярное обслуживание электрооборудования группой эксплуатации | 2 | 5 | 5 | 50 | С |
| 12 | Работа с химическими веществами | 51 | Опасность от вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма | Применение средств индивидуальной защиты органов дыхания (согласно матрице СИЗ и паспортов MSDS). Обеспечение достаточной вентиляции. Соблюдение требований паспортов MSDS на химические вещества | 2 | 5 | 3 | 30 | М |

| | | | | | | | | | |
|----|--|----|---|---|---|---|---|----|----------|
| 13 | Смазка деталей | 54 | Опасность воздействия на кожные покровы смазочных масел | Применение средств индивидуальной защиты по матрице СИЗ. Применение смывающих и (или) обезвреживающих средств защиты. Соблюдение требований паспортов MSDS на химические вещества | 2 | 5 | 3 | 30 | M |
| 14 | Проведение работ, связанных с обработкой пыли | 56 | Опасность воздействия пыли на глаза | Применение средств индивидуальной защиты органов зрения и дыхания | 4 | 5 | 2 | 40 | M |
| 15 | Перемещении деталей | 66 | Опасность, связанная с перемещением груза вручную | Соблюдение требований инструкции по охране труда и санитарных норм при перемещении груза вручную. При необходимости применять грузовые тележки. | 2 | 5 | 3 | 30 | M |
| 16 | Перемещение грузов с помощью ГПМ, управляемых с пола | 16 | Опасность падения груза | Соблюдение требований безопасности при работе с электрическими тальями. Применение средств индивидуальной защиты (ботинки с защитным подноском) | 2 | 5 | 6 | 60 | C |

Продолжение табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|----|---|--|---|---|---|----|----|
| 17 | Работа с пневмозубилом, на шлифовальных и сверлильных машинах | 21 | Опасность травмирования, в том числе в результате выброса подвижной обрабатываемой детали (падения инородного тела в глаз), падающими или выброшенными предметами, движущимися частями оборудования | Применение средств индивидуальной защиты по матрице СИЗ. Соблюдение требований инструкций по охране труда | 3 | 5 | 4 | 60 | С |
| 18 | Выполнение ремонтных работ в электроустановках до 1000 В | 22 | Опасность поражения током вследствие прямого контакта с токоведущими частями из-за касания незащищенными частями тела деталей, находящихся под напряжением | Соответствующая группа по ЭБ, соблюдение ПУЭ и инструкций по охране труда и правил по ЭБ, проверка и испытание средств защиты, использование средств защиты от эл.тока | 2 | 4 | 6 | 48 | С |
| 19 | Работа с тестовым оборудованием свыше 1000 В | 22 | Опасность поражения током вследствие прямого контакта с токоведущими | Соответствующая группа по ЭБ, соблюдение ПУЭ и инструкций по охране труда, | 2 | 3 | 6 | 36 | М |

| | | | | | | | | |
|----|-----|---|---|---|---|---|----|----------|
| 19 | 22 | частями из-за касания незащищенными частями тела деталей, находящихся под напряжением | Проверка и испытание средств защиты, Использование средств защиты от эл.тока | 2 | 3 | 6 | 36 | М |
| 20 | 16 | Опасность падения груза | Соблюдение требований инструкций по охране труда, использование СИЗ, Соблюдение максимальной грузоподъёмности стеллажей, тележек и тары; Осмотр тары; складирование груза только в установленных местах, 5S | 3 | 3 | 5 | 45 | С |
| 21 | 2 | Опасность падения с высоты, в том числе из-за отсутствия ограждения | Соблюдение требований инструкций по охране труда при ведении работ на высоте. Применение СИЗ защиты от высоты Наличие удостоверений на работы на высоте | 3 | 4 | 5 | 60 | С |
| 22 | 120 | Опасность воспламенения | Соблюдение требований по пожарной безопасности. Работа только в установленных местах или по наряду-допуску, соблюдение ИОТ, защитные очки или щиток лицевой | 2 | 4 | 6 | 48 | С |

Окончание табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|--|----|--|--|---|---|---|----|----|
| 23 | Проведение работ по резке металла | 21 | Опасность травмирования, в том числе в результате выброса подвижной обрабатываемой детали, падающими или выбрасываемыми предметами, движущимися частями оборудования | Соблюдение ИОТ, защитные очки или щиток лицевой, перчатки от мех.повреждений. Использование кожаных | 2 | 4 | 5 | 40 | М |
| 24 | Техническое обслуживание моечных машин | 55 | Опасность воздействия на кожные покровы чистящих и обезжиривающих веществ | Применение средств индивидуальной защиты органов дыхания (согласно матрице СИЗ и паспортов MSDS). Обеспечение достаточной вентиляции.Соблюдение требований паспортов MSDS на химические вещества | 2 | 3 | 3 | 18 | М |
| 25 | Выполнение должностных обязанностей | 69 | Опасность, связанная с рабочей позой | Соблюдение режима труда и отдыха | 1 | 5 | 5 | 25 | М |

| | | | | | | | | | |
|----|--|-----|---|--|---|---|---|----|---|
| 26 | Работа в производственной зоне | 74 | Опасность повреждения мембранной перепонки уха, связанная с воздействием шума высокой интенсивности | Применение средств индивидуальной защиты (наушники или беруши противошумные) | 2 | 5 | 3 | 30 | М |
| 27 | При использовании виброинструмента | 76 | Опасность от воздействия локальной вибрации при использовании ручных механизмов | Применение средств индивидуальной защиты, применение виброизоляционных способов гашения вибрации) | 2 | 5 | 3 | 30 | М |
| 28 | Несоблюдение правил эксплуатации производственного оборудования и электрических устройств, самовозгорание веществ и материалов | 119 | Опасность от вдыхания дыма, паров вредных газов и пыли при пожаре | Соблюдение правил пожарной безопасности | 1 | 5 | 6 | 30 | М |
| 29 | Работа с легковоспламеняющимися жидкостями | 120 | Опасность воспламенения | Соблюдение требований инструкции по пожарной безопасности. Соблюдение требований паспортов MSDS на химические вещества | 1 | 4 | 6 | 24 | М |

Уровень риска в целом по рабочему месту:

Высокий

Таким образом, в данной статье рассмотрен анализ профессиональных рисков и их оценка. Профилактические мероприятия способствуют возможности управлять профессиональными рисками. Обязательное условие – необходимость выполнения мероприятий, указанных в картах оценки профессиональных рисков, а также [5]:

1. Информирование работника о наличии риска на рабочем месте.

2. Систематическое информирование работников о существующем риске нарушений здоровья, необходимых мерах защиты и профилактики.

3. Своевременное проведение инструктажей и обучений по охране труда, а также обучений, необходимых для выполнения трудовых функций.

4. Техническое обслуживание транспортных средств и технологического оборудования.

5. Поддержание оптимальных микроклиматических условий на рабочих местах.

Меры профилактики включают также:

- регулярное наблюдение за условиями труда работников;
- соблюдение правил внутреннего трудового распорядка дня, установленные в организации;
- своевременное проведение инструктажей и обучений по охране труда;
- применения средств индивидуальной защиты;
- обеспечение санитарно-бытовых помещений смывающими и обезвреживающими средствами (мыло твердое или дозатор с жидким мылом), согласно утверждённым Нормам бесплатной выдачи средств, смывающих и обезвреживающих.

Управление профессиональными рисками предполагает активное участие как работодателя, так и работника. Оно должно быть направлено на улучшение условий труда, сохранение здоровья работников и в целом в улучшении качества жизни людей на любом предприятии.

Литература

1. ГОСТ 12.0.230-2017. Система управления охраной труда. Общие требования.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 16.12.2019).
3. ГОСТ Р 12.010-2009. ССБТ. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков.
4. ГОСТ 12.0.230.5-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ.
5. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 №438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда».

УДК 628.58

*Алиса Дмитриевна Матыскина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: alisamatyskina@gmail.com*

*Alisa Dmitrievna Matyskina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: alisamatyskina@gmail.com*

ЗАДАЧА РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНА «КРАСНЫЙ БОР» С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

THE CONCEPT OF RECULTIVATION OF THE «KRASNY BOR» POLYGON TO IMPROVE ITS ENVIRONMENTAL SAFETY

В статье исследуется проблематика хранения, переработки, обеззараживания и утилизации жидких отходов в карты на полигоне «Красный Бор» Тосненского района Ленинградской области. На основе научных требований и с учётом результатов анализа опасных химических веществ, содержащихся в картах-котлованах полигона, автором сформулированы рекомендации по подготовке и проведению мероприятий, направленных на снижение риска заражения грунтов, водной среды и атмосферы токсичными отходами. Основная задача состоит в том, чтобы предложенная концепция рекультивации могла обеспечить более надёжную защиту окружающей среды.

Ключевые слова: полигон «Красный Бор», экологическая безопасность, техносферная безопасность, рекультивация земель, опасные химические вещества.

The article examines the problems of storage, processing, disinfection and disposal of liquid and toxic waste placed in large deep pits at the Krasny Bor landfill in the Tosnensky district of the Leningrad region. Based on the scientific requirements and taking into account the results of the analysis of hazardous chemicals contained in the Krasny Bor' excavation pits, the author formulated recommendations for the preparation and conduct of measures aimed at reducing the risk of contamination of soil, water and atmosphere by toxic emissions. The main objective is that the proposed concept of reclamation could provide more reliable environmental protection.

Keywords: «Krasny Bor» landfill, ecological safety, technospheric safety, re-cultivation of waste pits, hazard and toxic chemicals.

В 2014 г. «Красный Бор» потерял право осуществлять работы с опасными отходами. В настоящее время полигон является одним из самых опасных объектов на территории Северо-Западного федерального округа. В течение 45 лет с 1969 г. по 2014 г. в него свозились промышленные токсичные отходы, включая поставки из прибалтийского региона. При оценке влияния деструктивных загрязнений полигона на состояние окружающей среды многие исследователи считают, что по уровню чрезвычайности оно не имеет себе равных и подобно медленно созревающему «чернобылю» [1–4]. Угроза «Красного Бора» экологической безопасности окружающей среде приобрела масштаб федерального ЧС: недавно полигон перешел в ведение Минприроды [5–8]. Токсичность «Красного Бора» – чрезвычайно опасное техногенное явление, угрожающее крупнейшему мегаполису страны Санкт-Петербургу, протекающей через него Неве и Ладожскому озеру, крупнейшему в России, из которого жители «культурной столицы» получают оптимальную по своему составу питьевую воду (рис. 1).

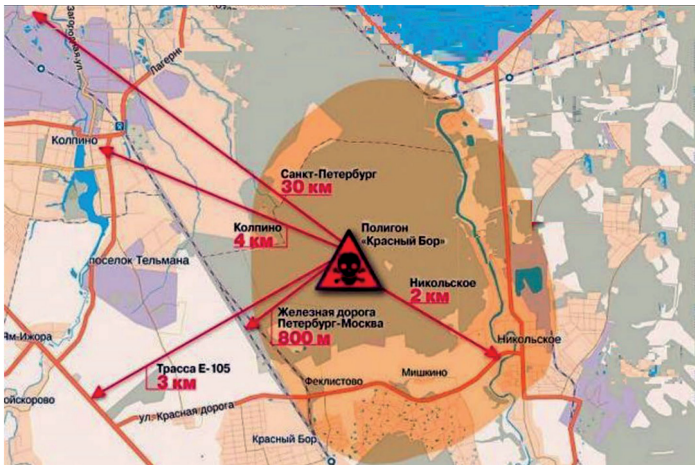


Рис. 1. Полигон «Красный Бор» как источник повышенной экологической опасности

Заметим, что в опасности находятся не только древняя Альдога и вытекающая из нее полноводная Нева, но и 50 тыс. мелких озер и 60 тыс. малых рек и речушек, образующих с ними единый водный бассейн на Северо-Западе [9–14].

Местоположение полигона «Красный Бор» для захоронения химических отходов I–IV классов опасности было выбрано в соответствии с требованием к характеристикам грунтов и классификацией технологий обезвреживания отходов (табл. 1) [15].

Таблица 1

Классификация технологий обезвреживания отходов

| | |
|---|---|
| Физико-химические процессы | Централизация (обезвреживание и перевод в химически стабильную форму) |
| | Обезвоживание |
| | Извлечение (выпаривание) из почвы |
| | Промывка почвы |
| | Адсорбция, в том числе, углем |
| | Очистка паром |
| | Сверхкритические потоки жидкости |
| | Мембранные процессы |
| | Химическая оксидация (окисление) |
| Биологические методы | Биовосстановление (биоремедиация) с вывозом и без вывоза |
| | Биологическая очистка (осаждение) |
| Технологии стабилизации и отвердения | Макроинкапсуляция (покрытие, заключение в оболочку) |
| | Микроинкапсуляция |
| | Стеклование |
| Термические методы | Инсинерация (сжигание) |
| | Пиролиз |
| | Пирометаллургическая обработка |
| Захоронение | Полигоны и площадки отходов |

Выбор местоположения был обоснован тем, что глубокие залежи синих кембрийских глин (до 100 м) на данной территории обеспечат герметичность карт с химическими отходами и помешают проникновению жидких отходов в окружающую среду [16]. К середине 1990-х годов выяснилось, что котлованы в кембрийской глине не являются герметичными. Захороненные (засыпанные) ядовитые вещества проникали в тектонические разломы независимо от того, какой породой заполнено подземное пространство. Несмотря на возражения ученых из НИИ Севзапгеологии было доказано, что в местах тектонических сдвигов токсичные вещества легко распространялись за пределы полигона, оборудованного котлованами из кембрийской глины [17-18]. В целом отходы с высокой проницаемостью приводили к загрязнению литосферы и гидросферы, а вредные испарения отравляли атмосферу окружающей территории. Неоднократно возникавшие пожары с выбросом опасных продуктов горения лишь усугубляли тяжелую негативную ситуацию и создавали еще большую угрозу для жизнедеятельности населения Тосненского района, повышали риск возникновения катастрофы (рис. 2)



Рис. 2. Пожар на полигоне «Красный Бор» в 2014 г.

Вокруг полигона проходит 3-км санитарно-защитная зона, где постоянно проживает население: около 2 тыс. чел., включая 140 детей в возрасте от 2 до 12 лет. Это крайне противоречит принципам экологической безопасности и защиты населения от негативных воздействий и загрязнений токсичного полигона.

На территории полигона имеется 5 карт (2 больших и 3 малых) общим объемом порядка 600 тыс. м³, которые обслуживают 60 штатных сотрудников. Карты глубиной до 20 м, как уже отмечалось, имеют естественное глиняное основание и борта, но не защищены от попадания осадков. Полигон располагается на сейсмически спокойном, но пронизанном глубокими тектоническими трещинами участке. Территория полигона характеризуется избыточным увлажнением: атмосферных осадков выпадает за год в среднем около 693 мм, испарение с территории полигона – 150–400 мм. Специалисты-гидротехники осуществляют постоянный мониторинг уровня воды в картах, лишняя вода откачивается с помощью мощных помп. Всего на полигон было свезено в общей сложности примерно 2 млн т разного класса опасности промышленных отходов, включая 700 тыс. т жидких токсичных отходов с чрезвычайно непредсказуемым химическим «поведением», 3 млн т загрязненных грунтов.

Находящиеся в слоях кембрийской глины карты-котлованы предназначены для органических и неорганических веществ. Для снижения повышенной кислотности в картах-котлованах с жидкими органическими отходами № 64 (130 м × 200 м) и № 68 (90 м × 65 м) используют известняк. В карты уже засыпано более 300 т мела. Был предложен проект, правда, слишком дорогой, согласно которому, используя термохимическое капсулирование и специальное вещество, в основном состоящее из негашеной извести, планировалось переработать ядовитые отходы. При реакции спецвещества с жидкими продуктами карты получился бы порошок, в дальнейшем пригодный для строительства.

Полигон имеет ряд инженерных сооружений, обеспечивающих защиту от повышенного поверхностного стока, образуемого в весенний период:

- пожарный пруд в северо-западной части полигона емкостью более 20 тыс. м³,
- дренажный обводной канал вокруг полигона общей емкостью более 30 тыс. м³, через систему дренажа он связан с магистральным каналом, который впадает в ручей Большой Ижорец);
- магистральный канал, снабженный шлюзом-регулятором.

При значительном увеличении объема ливневых вод нагрузки с внутренней территории принимает на себя канализационная система и пруды-накопители, а при перекрытии шлюза-регулятора обводной канал выполняет функции временной аккумулирующей емкости в условиях превышения уровня поверхностного стока и разлива опасных отходов. Однако в марте 2016 г. случилось ЧП: заграждающая карты дамба была прорвана и в течение часа мощный поток токсичных и вредных для здоровья стоков выливался в Неву. Директор полигона В. Колядов был уволен. Случай с протечкой в дамбе показал, что пренебрежение экологической безопасностью грозит обвальным катаклизмом. По заявлению Центра окружающей среды Финляндии, «ядовитый бассейн угрожает экологической катастрофой – опасные отходы из Санкт-Петербурга могут попасть в Финский залив», «образцы, отобранные HS (Helsingin Sanomat), показывают, что яды попадают из резервуаров в природу: полигон под Санкт-Петербургом представляет серьезный экологический риск для Финского залива» [1920]. Анализ образцов почвы возле полигона (в области прорыва дамбы) показал высокий уровень РСВ-дифенилов (даже в небольших количествах полихлорированные дифенилы чрезвычайно опасны) и очень вредного для здоровья человека кадмия, запускающего раковые заболевания.

Прежде чем начать работы по рекультивации полигона с целью повышения экологической безопасности полигона «Красный Бор»,

нужно принять во внимание состав веществ, содержащихся в картах котлована. Сделать это довольно затруднительно из-за происходящих неустановленных химических реакций между веществами с образованием новых токсичных соединений. Неоднократные пожары могли изменить состав химических отходов в картах под воздействием высоких температур. На данный момент следует отметить две наиболее актуальных проблемы: одна связана с определением химического состава веществ в котлованах, другая – с решением задачи остановить, а в некоторых случаях даже предупредить разлив отходов в окружающую природную среду. Только после этого возможна очистка карт-котлованов и полная утилизация отходов с последующей рекультивацией полигона (в качестве подрядчика выбран Росатом). В будущем, хотя в это трудно поверить, здесь даже планируется разбить парк.

На основании существующего положения полигона можно сделать предварительный вывод: «котлы» с химически опасными веществами должны быть под надежной защитой. На нескольких картах установили понтоны и застелили их специальным покрытием (развернута, так называемая, геомембрана) для того, чтобы существующие отходы не смешивались с осадками и не превышали заданные объемы котлованов. Но такое техническое решение стоимостью 120 млн руб. не обеспечивает герметичность и полное исключение попадания осадков в токсичную массу (рис. 3).

Возможным решением мог бы стать геодезический купол, рекомендованный В. Л. Телициным и А. В. Маровой в их статье [21]. На основании полученных данных состава карт-котлованов они предлагают проектное решение экрана (купола) из облегченной конструкции большого объема. Если построить такого рода «крышу» над картами-котлованами с жидкими отходами, то эта технология обеспечит: защиту от осадков, из-за которых карты могут переполняться и загрязнять окружающий грунт химическими веществами; уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу; предотвращение распространения неорганизованных загрязненных стоков за пределы территории полигона. К сожалению, согласно

их расчетам, само по себе возведение экрана не сможет гарантировать безопасный экологический эффект. Риск аварии слишком велик: простых и дешевых решений не следует ждать и на них полагаться. Риск чрезвычайных происшествий на полигоне «Красный Бор» сродни Чернобылю. С точки зрения Маровой, должно быть обеспечено устойчивое функционирование полигона. В рамках ее модели – геотехнической системы – природные и искусственно созданные элементы, технические сооружения представляют собой объекты, находящиеся во взаимосвязи благодаря обмену веществами, энергией и информацией, составляя единую природно-техническую среду. При этом функционирование, регулирование, организация геотехнической системы возможны, как ни парадоксально, посредством научного и рационального внешнего управления [22]. Другими словами, экологический эффект постройки должен исключить возникновение как природных, так и техногенных аварий [23]. В противном случае, риск аварии вновь сгенерируется и техническое решение проблемы не будет безопасным. Такой подход получил название рискологического [24].



Рис. 3. Карты-котлованы с жидкими органическими отходами № 64 и № 68 накрыты понтонами

Для того чтобы нагрузки на экран, закрывающий большое пространство, были минимальными, он должен быть сделан из полимерного покрытия, обладающего высокой жаростойкостью, полностью герметичного и предохраняющего карты от осадков и выделения в атмосферу загрязняющих веществ. Данный материал представляет собой сополимер чередующихся структурных единиц этилена и тетрафторэтилена, что придает ему лучшие свойства полиэтилена и политетрафторэтилена (тефлона). Данное техническое решение могло бы значительно улучшить экологическую безопасность не только Тосненского района, но и Северо-Западного федерального округа, обеспечив полную герметичность покрывающего экрана, защиту от выделяющихся химических веществ и разлития опасных химических отходов. Плюсы такой конструкции заключаются в следующем:

- защита карты-котлована от переполнения осадками;
- защита атмосферы от выбросов вредных веществ;
- защита окружающих грунтов от заражения, впоследствии – от переполнения карты-котлована химическими веществами;
- предотвращение распространения неорганизованных загрязненных стоков за пределы территории полигона.

Недостатки таковы:

- дорогостоящие работы по возведению экрана (затраты от 3 до 7 млн €);
- невозможность в полной мере обеспечить монтаж конструкции без возможного разрушения грунтов карт-котлованов.

Рискологичность любых технических решений, связанных с функционированием техногенной среды «Красного Бора», слишком велика [25]. Сможет ли данное техническое решение обеспечить экологическую безопасность объекта, сказать пока трудно. Поэтому вопрос об утилизации опасных химических отходов и рекультивации полигона, несмотря на то, что в августе 2016 г. губернатором Санкт-Петербурга выделено 140 млн руб., по-прежнему остается открытым.

Литература

1. *Смирнова Е. Э.* Экологические основы природопользования. Санкт-Петербург: Ютас, 2006. 120 с.
2. *Смирнова Е. Э.* Охрана окружающей среды и основы природопользования. Санкт-Петербург: СПБГАСУ, 2012. 48 с.
3. *Смирнова Е. Э., Максимович М. С., Сорочан А. В.* Разработка современных путей утилизации ТБО с целью повышения техносферной безопасности мегаполисов // В сборнике: БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ материалы III Международной научно-практической конференции. СПб.: СПБГАСУ, 2017. С. 142–146.
4. *Смирнова Е. Э.* Оптимизация переработки ТКО как возможность снижения антропогенного воздействия на окружающую среду с целью повышения техносферной безопасности // В сборнике: АРХИТЕКТУРА – СТРОИТЕЛЬСТВО – ТРАНСПОРТ Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета. В 2-х частях. СПб.: СПБГАСУ, 2018. С. 74–76.
5. *Марова Л. В.* Концепция обеспечения безопасного функционирования особого объекта в условиях нестабильной внешней среды // Экология урбанизированных территорий. 2010. № 1. С. 63–72.
6. *Смирнова Е. Э.* Обеспечение экологической безопасности региона Санкт-Петербург путем оптимизации полигона «Красный Бор» // В сборнике: ВОДА – БЕСЦЕННОЕ НАСЛЕДИЕ сборник научных статей IV международной научно-практической конференции. Общероссийская общественная организация «Всероссийское общество охраны природы». СПб.: С.-Петербург. гор. отдделение, 2016. С. 36–37.
7. *Смирнова Е. Э.* Рекультивация полигона «Красный Бор» – обеспечение экологической безопасности Санкт-Петербурга // В сборнике: АРХИТЕКТУРА – СТРОИТЕЛЬСТВО – ТРАНСПОРТ материалы 72-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. СПб.: СПБГАСУ, 2016. С. 244–246.
8. *Смирнова Е. Э.* Повышение экологической безопасности в населенных пунктах с помощью современных методов переработки ТБО // В сборнике: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА материалы III Всероссийской научно-методической конференции. СПб.: СПБГАСУ, 2015. С. 84–85.
9. *Alekseev M., Smirnova E.* Waste water of north-west Russia as a threat to the Baltic // Journal of Environmental Engineering and Science. 2016. Т. 11. № 3. С. 67–78.
11. *Mishukov B, Smirnova E.* Optimisation of wastewater treatment for safety in St Petersburg, Russia // Water Management. 2017. Т. 170. № 4. С. 184–197.

12. *Smirnova E., Alexeev M.* The problem of dephosphorization using waste recycling // *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Т. 24. № 14. С. 12835–12846.

13. *Смирнова Е. Э., Тимашкова А. А., Атаев А. Б.* Влияние строительства на водные объекты и методы очистки загрязненных сточных вод // В сборнике: БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. СПб.: СПбГАСУ, 2019. С. 132–137.

14. *Смирнова Е. Э., Быстрова Е. Д.* Снижение антропогенной нагрузки на акваторию финского залива путем реконструкции сооружений глубокого удаления биогенных загрязнений // *Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы охраны труда»*. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 85–89.

15. *Марова А. В.* Методы обеспечения экологической безопасности полигона «Красный Бор» на основе рискологического подхода: автореферат... канд. географ. наук: 25.00.36 / А. В. Марова. СПб.: Рос. Гос. Гидрометеоролог. ун-т, 2005. 27 с.

16. *Лапочкин Б. К., Еремина О. Н.* Критерии пригодности геологических формаций для строительства могильников твердых высокоактивных отходов // *Разведка и охрана недр*. 1996. № 4–5. С. 39–42.

17. *Гликман А. Г.* Справка об исследованиях полигона «Красный бор». URL: <https://newgeophys.spb.ru/ru/article/burial2.shtml> (дата обращения 03.03.2020).

18. *Довгуша В. В., Тихонов М. Н.* Россия. ВМФ. Радиационные отходы // *Жизнь и безопасность*. 1996. № 4. С. 156–167.

19. Saavalainen H. Myrkkyaltaissa muhii ympäristökatastrofi – Pietarin ongelmajätteet uhkaavat Suomenlahtea // *Helsingin Sanomat*. Sanoma (28. helmikuuta 2016). URL: <https://web.archive.org/web/20160229160852/http://www.hs.fi/kotimaa/a1456459676593> (дата обращения 04.03.2020).

20. *Saavalainen H.* HS:n ottamat näytteet paljastavat: Kaato paikalla Pietarin lähellä muhii Suomenlahtea uhkaava ympäristöriski: HS otti vesinäytteitä Krasnyi Borin ongelmajätealueen vierestä ja löysi kiellettyjä ja vaarallisia kemikaaleja // *Helsingin Sanomat*. Sanoma (13. maaliskuuta 2016). URL: <https://web.archive.org/web/20160316132849/http://www.hs.fi/kotimaa/a1457754716698> (дата обращения 04.03.2020).

21. *Телицин В. Л., Марова А. В.* Использование передового европейского опыта обращения с опасными промышленными отходами и рекультивации полигона «Красный Бор» // Сборник «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2006 году» / Под ред. Д. А. Голубева, Н. Д. Сорокина. СПб.: Рос. Гос. Гидрометеоролог. ун-т, 2007. С. 392–397.

22. *Елдина Е. В.* Рациональные способы защиты природной среды при захоронении токсичных отходов на полигоне «Красный Бор»: автореферат... канд. географ. наук: 25.00.36 / Е. В. Елдина. СПб.: Гос. Горный ин-т им. Г. В. Плеханова (тех. ун-т), 2006. 20 с.

23. *Смирнова Е. Э.* Экологический аудит как экономический инструмент управления природопользованием // Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей. Сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Политехнический университет Петра Великого, 2010. С. 220–222.

24. *Марова А. В.* Базовые элементы и конфигурация схемы управления рисками ЧС на полигоне «Красный Бор» // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 1. С. 71–77.

25. *Литвинов В. Ф., Шайдоров А. А.* Техногенные системы и экологический риск. Новгород, НГУ, 1999.

УДК 69.001.5

Елизавета Александровна Немирова,
студент

Алиса Дмитриевна Матыскина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: enemirova@icloud.com
alisamatyskina@gmail.com

Elizaveta Aleksandrovna Nemirova,
student

Alisa Dmitrievna Matyskina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: enemirova@icloud.com
alisamatyskina@gmail.com

ВНЕДРЕНИЕ BIM ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

IMPLEMENTATION OF BIM-TECHNOLOGIES DURING OF ASSESSMENT OF PROFESSIONAL RISKS

В связи с быстрой разработкой и внедрением информационного моделирования зданий и цифровых технологий, связанных с BIM, использование их для управления рисками стало растущей исследовательской тенденцией, что приводит к необходимости тщательного анализа состояния таких разработок. В этой статье представлен краткий обзор традиционного управления рисками и более обширный обзор опубликованной литературы, касающейся последних разработок по управлению рисками с использованием таких технологий, как BIM, автоматическая проверка правил, системы, основанные на знаниях, реактивные и проактивные информационные технологии. Информационные проекты индустрии архитектуры и строительства входят в сферу городского пространственного планирования и напрямую связаны с устойчивым и экологически безопасным устройством городов. Результаты показывают, что BIM-технологий может использоваться не только для поддержки процесса разработки проекта в качестве систематического инструмента управления рисками, но также может служить генератором основных данных и платформой, позволяющей другим инструментам на основе BIM-технологий выполнять дальнейший анализ рисков.

Ключевые слова: BIM (информационное моделирование зданий), управление рисками, цифровые технологии, информационные технологии, управление безопасностью строительного персонала.

Due to the rapid development and implementation of building information modeling and digital technologies related to BIM technologies, the use of these technologies for risk management has become a growing research trend that leads to the need for careful analysis of the status of these developments. This document

provides a brief overview of traditional risk management and a comprehensive and extensive review of published literature relating to past efforts to manage the risks using technologies such as BIM, automated verification of rules, systems, knowledge-based reactive and proactive information technology. Information projects of the industry of architecture, design and construction are included in the field of urban spatial planning and are directly related to the sustainable and environmentally friendly arrangement of cities. The results show that BIM technologies can be used not only to support the project development process as a systematic risk management tool, but can also serve as a major generator of data and a platform for other tools based on BIM technologies to perform further risk analysis.

Keywords: BIM (building information modeling), risk management, digital technology, information technology, construction personnel safety management.

За последние несколько десятилетий индустрия архитектуры, проектирования и строительства (АЕС – Architecture, Engineering and Construction) стала быстро развиваться во всем мире, особенно в развивающихся странах. Крупномасштабные проекты получили широкое распространение. Разработаны и внедряются международные методики, новые методологии реализации проектов, креативные и новые подходы, методы и материалы строительства [1]. Проекты АЕС такие, как здания, инфраструктурные системы и заводы, входят в сферу городского пространственного планирования и оказывают непосредственное влияние на землепользование и напрямую связаны с устойчивым и экологически безопасным устройством городов [2–7]. Тем не менее высокий уровень несчастных случаев и опасная деятельность в отрасли АЕС не только приводят к плохой репутации, но и представляют угрозу для ее будущих инноваций и развития [8–10]. Масштаб риска очень широк и состоит из таких проблем, как повреждение или поломка конструкций, травмы или гибель людей, перерасход бюджета и задержки в графике строительства, дефекты конструкций и материалов, неопытность и непрофессионализм операторов, слабое управление [11–12]. По оценкам Международной организации труда, во всем мире ежегодно происходит 2.3 млн несчастных случаев, из них – более 60 тыс. случаев со смертельным исходом. И эта тенденция растет [13].

Проект АЕС начинается с планирования и проектирования, за которым следует этап строительства, который длится месяцами или годами, и в конечном итоге проект вступает в рабочий период, который может длиться несколько десятков лет перед сносом. Риски могут присутствовать на каждом из различных этапов проекта и жизненного цикла продукта. Существует широкий спектр рисков, приводящих к опасностям. В последние годы, с быстрым развитием общества, риски постепенно растут из-за возрастающей сложности конструкции и размера проекта и принятия новых и сложных методов строительства [14–15]. Для снижения вероятности возникновения этих опасностей и успешного достижения целей проекта существует высокая потребность в эффективном управлении рисками в течение всего жизненного цикла проекта. Однако внедрение традиционного управления рисками все еще является ручным делом, и оценка в значительной степени зависит от опыта и математического анализа, а принятие решений часто основывается на интуиции, основанной на знаниях и опыте, что приводит к снижению эффективности в реальной среде [16]. В ответ на эти проблемы в настоящее время существует новая исследовательская тенденция использования информационного моделирования зданий (BIM) и инструментов, связанных с BIM, для помощи в раннем выявлении рисков, предотвращении аварий, информировании о рисках и т. д., которая определяется как «Управление рисками на основе BIM».

Перед авторами стоит задача критического рассмотрения современного состояния использования технологий BIM. За последние несколько лет, благодаря быстрому развитию теории и компьютерных приложений, BIM вызвало значительный интерес в отрасли АЕС. Расширилось внедрение BIM для поддержки планирования, проектирования, строительства, эксплуатации и фазы обслуживания [17]. Вместо того, чтобы просто рассматриваться как технология, BIM становится систематическим методом и процессом, который изменяет реализацию проектов [18], а также коммуникационное и организационное управление. Хотя большинство документов, ис-

пользующих BIM в качестве усовершенствованного инструмента для управления проектными рисками (такими, как ошибки проектирования, качество, бюджет), не всегда преднамеренно связаны с управлением рисками, процесс применения BIM постепенно превращается в систематический способ управления рисками.

На этапах планирования и проектирования одним из основных рисков является то, как проект соответствует определенной осуществимости проекта, обеспеченному бюджету и установленному режиму управления. Это та область, где BIM обладает потенциалом для управления рисками [16]. Например, визуализация предварительного проектирования с помощью 3D/4D-моделей может помочь инженерам быстро и параметрически построить и модифицировать модель для удовлетворения требований заинтересованных сторон. Короткие видео или виртуальные пошаговые руководства, которые имитируют вид человека, проходящего через здание, могут быстро улучшить понимание заинтересованными сторонами проекта. Между тем как нейтральные форматы данных такие, как IFC, в которых хранятся стандартные и настраиваемые данные для всех элементов проекта, могут обеспечить функционально совместимое цифровое представление всех элементов проекта, обеспечивающее взаимодействие между программными приложениями BIM, что способствует увеличению повторяемости, использованию данных и уменьшению вероятности ошибок. Хотя большинство усилий по-прежнему сосредоточены на применении BIM на этапе проектирования и строительства, BIM также может использоваться в других процессах и этапах, например, в управлении объектом, в управлении техническим обслуживанием и т. д. Кроме того, основанная на BIM среда для совместной работы и коммуникации может естественным образом способствовать раннему выявлению и снижению рисков [17].

Несомненно, что риски могут присутствовать на разных этапах проекта и жизненного цикла продукта, и эффективность управления рисками напрямую влияет на то, может ли проект быть успешно выполнен вовремя и в рамках бюджета. Именно проектиров-

щик должен оценить риски, которые могут возникнуть во время строительства, использования проекта, технического обслуживания (включая замену оборудования) и сноса. Ответственность за разработку дизайна и устранение рисков, где это возможно, лежит на проектировщике. Если это невозможно, разработчик обязан минимизировать риски. Когда назначается подрядчик, анализ рисков продолжается, но теперь с помощью специалистов по строительству. Строительный проект обычно делится на несколько подпроектов для управления рисками на этом уровне путем индивидуального рассмотрения различных видов деятельности и процессов. Каждый подпроект может иметь отдельных проектировщиков и подрядчиков с их собственными рисками для идентификации и управления. Группе специалистов по рискам (экспертов из разных дисциплин), нанятых командой проекта, необходимо сотрудничать с участниками проекта, чтобы выявлять и исследовать потенциальные риски посредством интервью и обсуждений. Затем в этом процессе компилируется группа бумажных документов по рискам (например, отчет о запуске, инвентаризация рисков). Чтобы внедрить управление рисками, специалисты, которые играют вспомогательные роли в процессе управления рисками, должны присутствовать на совещаниях по контролю проекта, следить за ходом работ и давать советы по конкретным строительным работам. Однако команда проекта, особенно менеджеры, должны нести ответственность за применение цикла управления рисками. Крайне важно указать, что многие специалисты будут участвовать в управлении рисками в течение жизненного цикла, поэтому любая обновленная информация о рисках, решениях и изменениях должна регистрироваться и эффективно передаваться. С помощью 3D моделирования возможно увидеть полную картину возможного риска и ситуаций, которые будут развиваться, показанные определенным видеорядом. Следовательно, ожидается, что управление рисками на основе BIM будет способствовать эффективному информированию о рисках и поддерживать процесс динамического развития проекта [17–18].

Таким образом, использование цифровых технологий, связанных с ВІМ для управления рисками вызывает растущий исследовательский интерес в отрасли АПС. Успешное использование этих технологий требует всестороннего понимания основ, общего процесса, методов управления рисками и взаимосвязи между новыми и традиционными методами. Чтобы улучшить вышеуказанную ситуацию, некоторые стандарты или правительственные документы (например, ISO 31010: 2009, правила МЧР) делают упор на прогнозируемые риски, которые выявляются и смягчаются на ранней стадии, а информация о рисках должна документироваться и обновляться в процессе разработки проекта. ВІМ может не только использоваться в качестве инструмента систематического управления рисками в процессе разработки, но также выступать в качестве основного генератора данных и платформы, позволяющей другим инструментам на основе ВІМ проводить дальнейший анализ рисков. Инструменты, рассмотренные в этой статье, включают автоматическую проверку правил, системы, основанные на знаниях, реактивные и проактивные системы безопасности на основе ІТ. Полученные данные указывают на то, что большинство текущих усилий сосредоточено на исследовании технических разработок. Поскольку управление рисками на основе ВІМ является развивающейся разработкой, все еще существуют некоторые технические ограничения. Усилия сосредоточены на концептуальном проектировании и создании прототипа. На сегодняшний день ВІМ широко не используется на реальных рабочих местах. Чтобы преодолеть этот пробел, будущие исследования должны иметь междисциплинарное системное мышление (1), исследовать методы и процессы реализации (2), интегрировать традиционное управление рисками с новыми технологиями (3) и поддерживать процесс разработки проекта (4) [19–20]. Хотя область управления рисками на основе ВІМ только начинает развиваться и пока не существует «полного» эффективного варианта реализации, область ВІМ технологий важна своими интересными и полезными возможностями в будущем [21].

Литература

1. *Сидорович В. С.* Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир. М.: Альпина Паблишер, 2015. 208 с.
2. *Смирнова Е. Э.* Охрана окружающей среды и основы природопользования. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2012. 48 с.
3. *Смирнова Е. Э.* Экологические основы природопользования. Санкт-Петербург: Ютас, 2006. 120 с.
4. *Смирнова Е. Э.* Экологический аудит как экономический инструмент управления природопользованием // Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей. Сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Политехнический университет Петра Великого, 2010. С. 220–222.
5. *Смирнова Е. Э.* Экология. Санкт-Петербург: Ютас, 2010. 100 с.
6. *Smirnova E.* Control capability of environmental safety in the context of 'green' construction paradigm // *Espacios*. 2018. Т. 39. № 22. С. 40.
7. *Smirnova E., Zaikin V.* Problem of urban planning for sustainable development // Сборник: *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 91. С. 05030. С. 1–12.
9. *Смирнова Е. Э., Ларин Д. В.* Оценка рисков как часть системы управления охраной труда на предприятии // В сборнике: **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА** Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 135–138.
10. *Руданец А. В., Смирнова Е. Э.* Повышение безопасности строительства при работах по возведению большепролетных мостов // В сборнике: **БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ** материалы III Международной научно-практической конференции. 2017. С. 97–99.
11. *Савин С. Н., Смирнова Е. Э.* Прогноз ресурса зданий в условиях природных и техногенных чрезвычайных ситуаций // Современные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2 (31). С. 33–42.
12. *Савин С. Н., Смирнова Е. Э., Попов В. М.* Анализ конечно-элементной модели зданий, поврежденных в результате чрезвычайных ситуаций // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 2 (73). С. 24–28.
13. *Савин С. Н., Смирнова Е. Э.* Проблема определения динамических параметров для прогноза ресурса зданий и сооружений в условиях природных и техногенных ЧС // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 3 (74). С. 14–19.
14. ILO (International Labour Organization). *Creating Safe and Healthy Workplaces for All*. Creating Safe and Healthy Workplaces for All International Labour Organization. Report prepared for the G20 Labour and Employment Ministerial Meeting. Melbourne, Australia, 2014.

15. *Smirnova E., Savin S.* Predicting the service life of buildings and facilities to minimize the risk of losses in the conditions of natural and technogenic emergency situations // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 4. Сер. "4th International Conference on Civil Engineering and Materials Science, ICCEMS 2019". 2019. Vol. 652. С. 12010.
16. *Savin S. and Smirnova E.* Evaluation of mechanical safety of building structures using elastic vibrations varying in wave length. *World Applied Sciences Journal*. 2013. Т. 23. № 11. С. 1448–1454.
17. *Bryde D., Broquetas M., Volm, J. M.* The project benefits of building information modelling (BIM) // *International Journal of Project Management*. 2013. Т. 31. № 7. С. 971–980.
18. *Volk R., Stengel J., Schultmann F.* Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – literature review and future needs // *Automation in Construction*. 2014. Т. 38. С. 109–127.
19. *Porwal A., Hewage K. N.* Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects // *Automation in Construction*. 2013. Т. 31. С. 204–214.
20. *Doumbouya L., Gao G., Guan C.* Adoption of the Building Information Modeling (BIM) for construction project effectiveness: The review of BIM benefits // *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2016. Т. 4. №. 3. С. 74–79.
21. *Гаряев Н. А., Краснощекова А. И., Князев А. А.* Анализ рисков, возникающих при внедрении BIM-технологий в строительных организациях // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 7 (1007). С. 58–61.

УДК 699.814

Елизавета Александровна Немирова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: enemirova@icloud.com

Elizaveta Aleksandrovna Nemirova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: enemirova@icloud.com

ВИМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК НОВЕЙШИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

BIM-MODELING AS THE LATEST TOOL FOR ENSURING FIRE SAFETY OF THE CONSTRUCTION SITE

Статья посвящена вопросам внедрения информационных технологий в деятельность предприятий строительной сферы. Рассматриваются возможности использования BIM-технологий при решении проблем пожарной безопасности зданий и сооружений для исключения многочисленных нарушений при проектировании. BIM-технологии должны использоваться в принятых проектных решениях для учета требований пожарной безопасности, сформулированных в нормативных документах. Поставленная проблема является весьма актуальной в свете перевода проектной документации в цифровой формат. На начальной стадии предлагается воспользоваться существующим программным пакетом Autodesk Revit, развив его далее в самостоятельный продукт, автоматически учитывающий требования современного пожарного законодательства. Новейшим инструментом для этого станет использование информационной модели, известной под аббревиатурой BIM (Building Information Modeling).

Ключевые слова: пожарная безопасность, BIM-технологии, строительство, информационная модель, противопожарная защита.

The article is devoted to the implementation of information technology in the activities of construction enterprises. The possibilities of using BIM-technologies in solving the fire safety problems of buildings and structures to exclude numerous violations during the design are considered. BIM-technologies should be used in the adopted design decisions to take into account the fire safety requirements formulated in regulatory documents. The posed problem is very relevant in the light of

the translation of project documentation into digital format. At the initial stage, it is proposed to use the existing Autodesk Revit software package, developing it further into an independent product that automatically takes into account the requirements of modern fire laws. The newest tool for this will be the use of an information model known under the acronym BIM (Building Information Modeling).

Keywords: fire safety, BIM-technologies, construction, information model, fire protection.

В настоящее время в строительной отрасли происходит процесс активного внедрения BIM-технологий (Building Information Modeling) – технологий информационного моделирования зданий [1]. В отличие от работы в классических системах автоматизированного проектирования (САПР), работа в BIM-ориентированных программных комплексах позволяет моделировать не только сами строительные объекты, но и накапливать различные данные об объекте и управлять его характеристиками, при необходимости изменяя их во времени [2–4]. Благодаря использованию BIM-технологий, появляется возможность централизованного хранения в одном проекте всей информации о проектируемом объекте, подготовленной специалистами, выполняющими все разделы проектной документации. При этом информационная модель включает в себя не только конечно-элементную расчетную часть, но и большой объем метаданных, описывающих инженерные системы, сметные расчеты, вопросы организации строительного процесса, охраны труда, общей безопасности и энергоэффективности в рамках данного проекта.

Проект, выполненный с применением информационного моделирования может связать воедино архитектурную, конструктивную, технологическую, сметную и противопожарную части. Но на сегодняшний день такие возможности приходится реализовывать вручную, анализируя по пространственной схеме здания все ошибки и нестыковки проектных решений. А уж затем адекватно оценивать пожарные риски.

В качестве примера такого подхода рассмотрим 3D-модель здания (см. рис. 1), созданную в программном комплексе Autodesk Revit. Принятые в ходе проектирования решения, очевидно, имеют

ряд нарушений требований пожарной безопасности, что обусловлено отсутствием в этой программе учёта требований нормативных документов РФ в сфере пожарной безопасности. В этом случае, для исправления допущенных ошибок потребовалось внести исправления «вручную», создавая планы эвакуации (см. рис. 2), и схемы размещения противопожарных систем. (см. рис. 3).



Рис. 1. 3D-модель здания

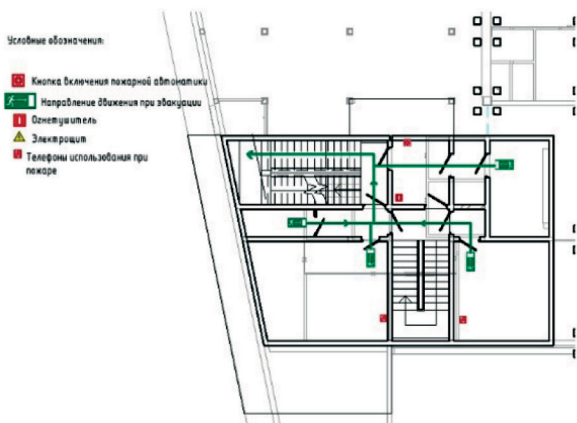


Рис. 2. План эвакуации здания на примере технического этажа

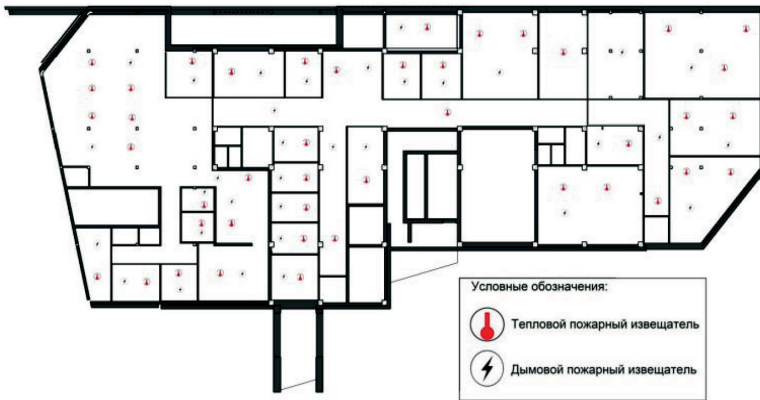


Рис. 3. План размещения датчиков пожарной безопасности на примере надземного этажа

Такой подход на сегодняшний день является единственно возможным, но не слишком удобным. С учетом того, что требования пожарной безопасности при проектировании являются обязательными и сформулированы в Федеральном законе № 123, следует модернизировать программный комплекс, включив в него в качестве обязательных требования нормативных документов на таком уровне, чтобы они автоматически не позволяли принимать ошибочные решения (рис. 4).

Таким образом, одним из эффективных путей повышения безопасности людей вследствие возникновения угроз, связанных с возникновением пожарных опасностей является полномасштабное использование возможностей современных цифровых технологий, в частности, ВМ-технологий, встроенных в информационные системы управления эксплуатацией зданий с возможностью дистанционного контроля со стороны компетентных органов [5–7]. Внесение в программу нормативно-правовой базы в области пожарной безопасности позволит исключить ошибки в проектировании на ранней стадии. Визуализация поэтажных планов в режиме он-

лайн позволит людям своевременно покинуть помещения при возникновении чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром, а монтаж системы пожаротушения в режиме онлайн, позволит управлять пожарными рисками на строительных объектах.

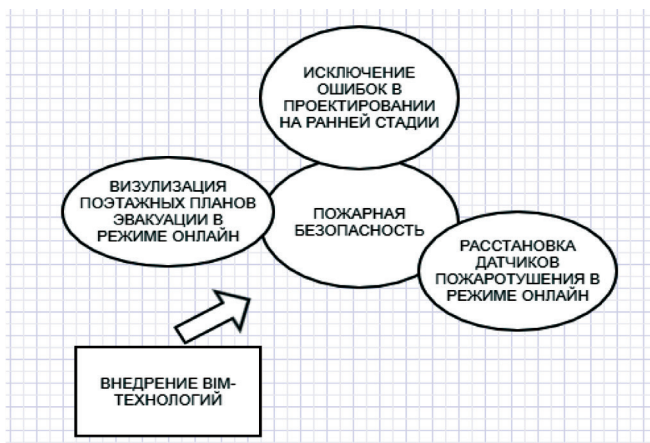


Рис. 4. Влияние BIM-технологий на пожарную безопасность зданий и сооружений

Литература

1. Добрынин А. П., Черных К. Ю., Курьяновский В. П., Курьяновский П. В., Синягов С. А. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4, № 1. С. 4–11.
2. Ferrandiz J., Banawi A., Peña E. Evaluating the benefits of introducing “BIM” based on Revit in construction courses, without changing the course schedule. Universal Access in the Information Society. 2017. doi: 10.1007/s10209-017-0558-4.
3. Mainicheva A. Y., Talapov V. V., Zhang G. Principles of the information modeling of cultural heritage objects: the case of wooden Buddhist temples. Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia. 2017. 45 (2). P. 142–148. doi: 10.17746/1563-0110.2017.45.2.142-148.
4. Шарманов В. В., Симанкина Т. Л., Мамаев А. Е. BIM технологии в оценке уровня охраны труда. 2017. № 1(69). С. 77–88. doi: 10.18720/МСЕ.69.7.

5. *Шахраманьян М. А.* Цифровые технологии – мощный ресурс обеспечения безопасности людей при чрезвычайных ситуациях. URL: <https://digital.msu.ru/руководительдепартамента-развития/> (дата обращения: 20.02.2020).

6. *Савин С. Н., Ситников И. В., Данилов И. Л.* Современные методы технической диагностики и мониторинга, как средство безопасной эксплуатации строительных конструкций /В мире неразрушающего контроля. № 4 (42). СПб. – 2008. С. 14–18.

7. *Savin S., Tsakalidis V.* The use of elastic oscillations of different wavelengths to evaluate the dynamic parameters of buildings and structures and assess the strength of materials of the building construction В сборнике: COMPDYN 2015 – 5th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering 5. 2015. С. 706–720.

УДК 004.942

*Андрей Валерьевич Пьянков, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: piankovsky@mail.ru*

*Andrew Valeryevich Pyankov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: piankovsky@mail.ru*

**ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ ПО
СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ
МАШИНИСТОВ БАШЕННОГО КРАНА
ЧЕРЕЗ ОРГАНИЗАЦИЮ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ
ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ САНИТАРНЫХ
ПРАВИЛ И СОБЛЮДЕНИЕМ САНИТАРНО-
ЭПИДЕМИЧЕСКИХ (ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ)
МЕРОПРИЯТИЙ**

**PREVENTIVE MEASURES TO REDUCE THE
INCIDENCE OF TOWER CRANE DRIVERS
THROUGH THE ORGANIZATION OF THE
INDUSTRIAL CONTROL OVER COMPLIANCE
WITH SANITARY RULES AND COMPLIANCE
WITH SANITARY AND EPIDEMIC (PREVENTIVE)
MEASURES**

Статья посвящена вопросам организации рабочих мест и улучшению условий труда работников на основании результатов лабораторных измерений и испытаний факторов рабочей зоны. Для каждого фактора нормативно установлены предельно допустимые уровни (ПДУ). Однако они определены статистически, без учёта индивидуальных особенностей каждого работника. Чтобы исключить случаи выявления профессиональных заболеваний, необходимо заблаговременно провести мероприятия по улучшению условий труда. В данной работе рассмотрены результаты проведения замеров производственных факторов и особенности устройства рабочих мест отечественных и зарубежных башенных кранов. Статья рекомендуется к ознакомлению руководителям организации, линейным руководителям, уполномоченным за обеспечение

рабочих зон, соответствующих санитарным требованиям, экспертам лабораторий, осуществляющих замеры и испытания факторов рабочей зоны, специалистам по охране труда, проектировщикам и разработчикам строительных машин и механизмов.

Ключевые слова: производственный контроль, санитарно-гигиенические требования, предельно-допустимый уровень, факторы рабочей зоны.

The article is devoted to the organization of workplaces and improvement of working conditions of employees by base of the results of laboratory measurements and tests of working zone factors. The maximum permissible levels are set by law for each factor. However, they are defined statistically without taking into account the individual characteristics of each employee. In order to prevent the detection of occupational diseases, it is necessary to take measures to improve working conditions in advance. The results of measurements of production factors and features of the workplace of domestic and foreign tower cranes are considered in this article. The Article is recommended for familiarization with heads of enterprises, line managers who are authorized to provide working areas that meet sanitary requirements, experts of laboratories that measure and test factors of the working area, specialists in the field of labor protection, designers and developers of construction machines and mechanisms.

Keywords: industrial control, sanitary and hygienic requirements, maximum permissible level, working zone factors.

Производственный контроль за соблюдением санитарных правил и соблюдением санитарно-эпидемических (профилактических) мероприятий – обеспечение контроля безопасности и безвредности для работника факторов рабочей зоны и предупреждение угрозы жизни или здоровью человека, угрозу возникновения и распространения заболеваний и которые устанавливаются государственными санитарно-эпидемиологическими правилами и гигиеническими нормативами в отношении безопасности продукции и связанных с требованиями к продукции процессов ее производства, хранения, перевозки, реализации, эксплуатации, применения (использования) и утилизации, которые устанавливаются документами, принятыми в соответствии с международными договорами Российской Федерации, и техническими регламентами [1]. Осуществление производственного контроля относится к мероприятиям, направленным на улучшение условий и охраны труда.

Исследованию подлежали факторы рабочих зон (кабин башенных кранов), в которых работал крановщик за период, когда осуществлялись лабораторные замеры и испытания в рамках производственного контроля за соблюдением санитарных правил и соблюдением санитарно-эпидемических (профилактических) мероприятий; специальной оценки условий труда (до января 2014 года – аттестации рабочих мест). Результаты измерений представлены в табл. 1.

Данная научная статья актуальна в связи с сохранением тенденции выявления заболеваний, из-за которых возможен недопуск работника (машиниста) к выполнению работ по результатам проведения периодических профилактических медосмотров. Примером служит ухудшение зрения в результате напряжённой работы, усугубляемой возрастными изменениями. В приложении 2 приказа Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н [2] имеется пункт 1.1. работы в качестве крановщика, формулировка в графе «медицинские противопоказания» указывает значение остроты зрения без коррекции, что означает отсутствие показания к ношению очков. При том, что данное заболевание сложно зафиксировать как профессиональное и довольно часто в заключительном акте по результатам проведения периодического медицинского осмотра работников организации отсутствуют рекомендации к проведению дополнительного обследования и лечения. В результате при проведении последующих медицинских осмотров у работника возрастает риск снижения остроты зрения и, рано или поздно, он не сможет продолжать работу по своей профессии. Для организации также это явление нежелательно – сокращаются кадры. Для выполнения установленного планом объёма работ приходится искать на вакантное место нового работника, тем самым увеличивая затраты на мероприятия перед трудоустройством.

Такие факторы, как общая и локальная вибрации можно минимизировать при соблюдении допусков при монтаже башенных кранов и регулировки двигателей и ходовой тележки. Замена синхронных двигателей на асинхронные потребует модернизации органов управ-

ления. Для асинхронных двигателей, особенно – короткозамкнутых, уже потребуется установить магнитные пускатели. Установка командоконтроллеров (рис. 1, а) на пульт управления в кабине крана взамен силовых контроллеров (рис. 1, б) исключает необходимость машинисту часто наклоняться для выполнения различных операции по перемещению груза [3]. Для каждой руки и ноги крановщика предусмотрена только одна операция, что уменьшает утомляемость крановщика и снижает число ошибок управления механизмами.

а)



б)



Рис 1. Реализация пульта управления в кабине машиниста башенного крана: а – командоконтроллер Liebherr 132EC-H8; б – силовой контроллер КБ-515

Производителем в кабине устанавливаются нагревательные устройства, которые обеспечивают нагрев воздуха кабины зимой до положительной температуры за 30 минут. Также на крыше и над крышей кабины устанавливается кондиционер [4].

Световая среда обеспечивается естественными и искусственными источниками. Естественным источником является прямое, либо рассеянное солнечное излучение, к искусственным относятся осветительные приборы [5]. При организации рабочих мест в соответствии с требованиями санитарных правил, необходимо предусмотреть комбинированное освещение, когда рабочая зона обеспечена достаточным светом независимо от времени суток.

Таблица 1

Физические факторы рабочей зоны машиниста башенного крана, выполнявший работы с учётом смены крана в АО «ДСР. Краны – СЗ»

| Физические факторы рабочей зоны | 2007 г. КБ-403А | 2010 г. КБ-515 | 2013 г. КБ-503Б | 2016 г. Everdigm КН-310 | 2016 г. Liebherr 132ЕС-Н8 | 2019 г. Liebherr 132ЕС-Н8 | ПДУ |
|---|---|-------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|
| | Не превышает предельно допустимый уровень | | | | | | |
| Шум, дБА | 80 | | | | | | |
| Вибрация локальная | | | | | | | |
| Ось X, дБ | 108 | 104 | 97, | 103, | 100, | 101, | 126, |
| Y, дБ | 107 | 106 | 96, | 103, | 103, | 102, | 126, |
| Z, дБ | 119 | 105 | 96 | 104 | 104 | 104 | 126 |
| Вибрация общая | | | | | | | |
| Ось X, дБ | 106, | 102, | 98, | 106, | 107, | 103, | 112, |
| Y, дБ | 105, | 101, | 93, | 102, | 104, | 101, | 112, |
| Z, дБ | 101 | 103 | 98 | 104 | 103 | 102 | 112 |
| Показатели микроклимата для производственных помещений | | | | | | | |
| Температура воздуха, °С | 21,0 – 22,1 | | | | | | |
| Скорость движения воздуха, м/с | менее 0,1 | | | | | | |
| Влажность воздуха, % | 44 – 57 | | | | | | |
| ТНС-индекс, °С | 21,0 – 22,1 | | | | | | |
| | 18<...<28 | | | | | | |
| | 0,8 | | | | | | |
| | 30<...<60 | | | | | | |
| | 18<...<28 | | | | | | |

| Тяжесть трудового процесса | | | | | | |
|---|---|------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|
| Стереотипные рабочие движения (количество за смену): – региональная нагрузка; – статическая нагрузка, кг с: одной рукой; двумя руками: Перемещение в пространстве, обусловленным технологическим процессом (км): – по горизонтали: – по вертикали: Рабочая поза, % от времени смены | – | 1000; 6000; – | 500; 34000; 6000 | – | – | 40000 22000 4200 |
| | | 0,5 0,5 Фиксированная, 50 | 0,5 0,5 Фиксированная, 25 | | 0,5 0,5 Фиксированная, 25 | 8 2,5 |
| Показатели напряжённости трудового процесса | | | | | | |
| Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 ч работы, ед: Число производственных объектов одновременного наблюдения, ед: | – | – | – | – | – | 175 |
| | | | | | | 5 10 |

Однако рабочая зона представлена не только кабиной, также нужно предусмотреть и условия на строительной площадке, либо площадки складирования. Расстояние машиниста от объектов, размещённых на поверхности земли, перекрытии строящегося здания, вертикальных рядов складываемого материала, а также неравномерность освещения этих мест усложняет различение поднимаемого объекта относительно окружающего пространства. В соответствии с межотраслевыми типовыми нормами выдачи средств индивидуальной защиты, у работников, занятые в строительстве, помимо специальной одежды, обуви, перчаток и касок также должны применять жилеты сигнальные 3-го класса защиты. Рациональное устройство наружного освещения и снабжение средствами индивидуальной защиты позволят снизить травматизм в результате удара и сдавливания поднимаемым грузом.

Снизить напряжённость трудового процесса можно за счёт введения в график работы машинистов кранов технологических перерывов, суммарно в течении смены не менее 50 минут.

На тех кранах (КБ-403А, КБ-515, КБ-503Б), где производителем возможна модернизация оборудования на эксплуатирующем предприятии, значительно проще корректировать параметры измеряемых факторов. Вышеперечисленные мероприятия можно реализовать на них в достаточно полном объёме. С импортными подъёмными сооружениями ситуация иная: несмотря на более высокие эргономические характеристики, замена на более совершенные рабочие элементы (двигатели, канатная система, система кондиционирования) ограничено гарантийным условием производителя. В таком случае приходится применять дополнительные организационные меры.

Осуществление лабораторных замер и испытаний необходимо для мониторинга. А результаты замеров – обоснованием внедрения мероприятий по улучшению условия труда, следовательно, снижается число работников, отнесённых к группе повышенного риска развития профессиональных заболеваний по состоянию здоровья и снижаются затраты на компенсацию в случае болезни, уже

выявленных в ходе трудовой деятельности. Увеличение периода трудовой деятельности персонала вследствие улучшения условий труда, снижает затраты на обучение и адаптацию вновь принятых на работу, а обширная база материалов модернизации оборудования облегчит организацию новых рабочих мест.

Литература

1. «Управление техносферной безопасностью. Краткий курс» Ефремов С. В. 2013. СПб ГПУ. СПб – 46 с.;
2. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н (ред. от 13.12.2019) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда»;
3. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с;
4. Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов: Учеб. для нач. проф. образования/ Л.А.Невзоров, Ю.И.Гудков, М.Д.Полосин. – М.:ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. – 448 с;
5. ГОСТ 33173.1-2014 Краны грузоподъемные. Кабины. Часть 1. Общие положения (с Поправкой).

УДК 614.84

Артём Сергеевич Садовников,

студент

Алёна Анатольевна Загадайлова,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: dizi10030@gmail.com

azagadailova@yandex.ru

Artyom Sergeevich Sadovnikov,

student

Alyona Anatolyevna Zagadaylova,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: dizi10030@gmail.com

azagadailova@yandex.ru

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЖАРОВ С РАЗРАБОТКОЙ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВАКУАЦИИ

ANALYSIS OF THE CAUSES OF FIRES WITH THE DEVELOPMENT OF PROPOSALS TO REDUCE THE RISK OF FIRE AND THE ENVIRONMENT

В статье представлены предложения по снижению риска возникновения пожара, его быстрой ликвидации, обеспечению беспрепятственной эвакуации людей и защиты от поражающих факторов пожара. Рассматривались основные средства предотвращения пожара, средство индивидуальной защиты от поражающих факторов пожара, а так же система эвакуации людей. Рассмотрены и проанализированы примеры с несчастными случаями. На основе проведенного анализа предложены конкретные организационные и технические мероприятия по совершенствованию системы противопожарной защиты. Рассмотрен свод правил 3.13130.2009. «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» и проанализирован пункт, в котором указаны параметры размещения знаков пожарной эвакуации, предложены модернизации проанализированного пункта.

Ключевые слова: пожар, эвакуация при пожаре, средства индивидуальной защиты от поражающих факторов пожара, безопасность.

The article presents proposals to reduce the risk of fire, its quick elimination, to ensure the smooth evacuation of people and protection from the damaging fac-

tors of the fire. The main means of preventing fire, a means of individual protection from the damaging factors of the fire, as well as a system of evacuation of people, were considered. Accidental examples are reviewed and analyzed. Based on the analysis, specific organizational and technical measures to improve the fire protection system are proposed. The set of rules 3.13130.2009 is considered. "Fire protection systems. Warning and evacuation system for people in case of fire. Fire safety requirements" and analyzed the point in which the parameters for the placement of signs of fire evacuation are indicated, proposed modernization of the analyzed point.

Keywords: fire, fire evacuation, personal protective equipment against fire damaging factors, safety.

Развитие строительной отрасли, увеличение плотности застройки объектов народного хозяйства в городе повышает их пожарную опасность. В связи с этим все больше внимания уделяется опасности возникновения пожаров в зданиях, где находятся люди.

В существующих строительных нормах и правилах необходимость обеспечения безопасности людей при пожаре относится к приоритетным требованиям по сравнению с другими противопожарными требованиями норм.

Статистика показывает, что общественные места наиболее подвержены возгоранию. Ответственность за тушение пожаров в общественных зданиях лежит на пожарной команде, но это не исключает обязанности администрации этих зданий обеспечивать пожарную безопасность находящихся в здании людей и самого объекта в целом. При обеспечении пожарной безопасности следует учитывать не только планировку зданий, но и категорию людей, оказавшихся в очаге возгорания.

При проектировании зданий следует обеспечить:

- своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей;
- спасение людей, которые могут подвергнуться воздействию опасных факторов пожара;
- защиту людей на путях эвакуации от воздействия опасных факторов пожара.

Хроника пожаров в торговых центрах Петербурга

1. Январь 2017. Посетителей ТРК «Сити-Молл» эвакуировали из-за сработавшей системы пожаротушения. Прибывшие на ме-

сто спасатели обнаружили, что в туалете гипермаркета «Карусель» произошло короткое замыкание проводки. Несмотря на то, что возгорания не было, из здания эвакуировали более 500 человек.

2. Май прошлого года. Посетители ТРК «Еврполис» эвакуированы из-за пожара на подземной парковке.

3. Ноябрь 2017. Аналогичный пожар в ТЦ «Космос» на улице Типанова. На подземной стоянке загорелись сразу два автомобиля. Не исключается версия поджога. Все посетители комплекса были оперативно эвакуированы.

4. 2016 год. Пожар в ТРК «Галерея» на Лиговском проспекте. Очаг возгорания тоже находился на подземной парковке. Дым был такой силы, что поднялся с подземного этажа до холла торгового комплекса.

5. Апрель 2016. Всех посетителей ТРЦ «Академ-Парк» на Гражданском проспекте эвакуировали из-за задымления. По словам очевидцев, возгорание произошло на первом этаже. Скорее всего, из-за технической неисправности проводки.

6. Сентябрь 2016. ТРК «Гулливвер» эвакуировали из-за короткого замыкания. Сам комплекс был полностью обесточен. На место происшествия выезжали пожарные и сотрудники МЧС. Очевидцы сообщают, что они ликвидировали возгорание, которое произошло из-за короткого замыкания в пекарне «Ашана».

7. Крупный пожар произошел 16 августа 2014 года в торговом центре «Аэропорт». Горело 200 квадратных метров верхнего этажа здания. Была угроза обрушения, но спасателям удалось локализовать пожар. Пострадавших не было.

Анализируя приведенные примеры, можно определить основные причины возникновения пожара:

- повреждения электрооборудования;
- короткое замыкание, вследствие поврежденной изоляции силового провода;
- применение проводов несоответствующего сечения;
- нарушения правил противопожарного режима [1] и требований пожарной безопасности;

- низкая ответственность руководящего персонала за обеспечение пожарной безопасности.

Стоит заметить, что опасными факторами пожара являются [2]:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода;
- снижение видимости в дыму.

Дым дезориентирует человека в пространстве, а токсичные продукты горения в свою очередь, проникая через дыхательные пути, отравляют человека.

Токсичные продукты горения, в частности оксид углерода, способны убить человека, если своевременно не вынести его из очага возгорания и не успеть оказать ему первую врачебную помощь. Оксид углерода легче воздуха, поэтому он скапливается вверху помещения. При эвакуации нужно максимально пригнуться к полу, чтобы исключить попадание угарного газа в организм.

Современные реалии показывают, что администрация зданий, пренебрегая безопасностью людей, экономит на материалах внутренней отделки помещений, которые в свою очередь при горении в огромных количествах выделяют более 70 видов токсичных веществ. Нескольких вдохов в такой атмосфере достаточно, чтобы человек получил отравление ядовитыми веществами и в следствии погиб.

60–70 % пострадавших от оставшихся в живых, получают тяжелые отравления, каждый третий из них умирает в больнице, не приходя в сознание (рис. 1).

Статистика показывает, что показатели смертности по России возрастают с каждым годом, причем наибольшее количество пожаров отмечено в период отопительного сезона, в связи с увеличением эксплуатации газового оборудования. Так, за 2010 год было 242 случая со смертельным исходом, а в 2011 году было 375 несчастных случаев, из них – 295 со смертельным исходом [3].

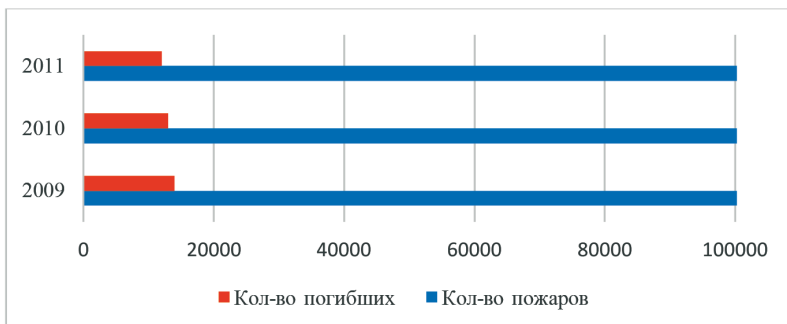


Рис. 1. Статистика по пожарам и количеству погибших по России за период 2009–2011 г.

Для борьбы с дымом используются:

- незадымляемые лестничные клетки (за счет подпора воздуха или поэтажных входов через воздушную наружную зону по балконам или лоджиям);
- удаление дыма из помещений, коридоров через автоматически открывающиеся клапаны дымоудаления за счет включения мощных вытяжных вентиляторов;
- установка в коридорах на лестничных клетках дверей samozакрывающихся с уплотненными притворами, препятствующими распространению дыма;
- устройство системы автоматической пожарной сигнализации (дымовые и тепловые датчики, кнопки ручной пожарной сигнализации, звонки пожарной тревоги, станции пожарной сигнализации);
- системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией;
- средства индивидуальной защиты органов дыхания при пожаре;
- автономные пожарные извещатели, работающие от батарейки для квартир жилых домов;
- групповые и индивидуальные спасательные комплекты, веревочные лестницы.

Прежде всего совершенствуются системы предотвращения возникновения пожара и противопожарной защиты, направленные на исключение условий возникновения пожара, воздействия на людей опасных факторов пожара, обеспечения своевременной эвакуации и ограничение материального ущерба.

Проблема пожарной безопасности электропроводок и кабельных линий является самой острой среди всех видов электроустановок. Наибольшее количество пожаров происходит из-за аварийных режимов в кабельных изделиях.

Горение электрических кабелей сопровождается выделением значительного количества тепла, которое зависит от материала изоляции, защитных оболочек и их массы. При этом наблюдается выделение значительного объема черного дыма, который ограничивает видимость, тем самым затрудняя тушение пожара и создавая неблагоприятные условия для эвакуации людей. Кроме того, при горении полимерных материалов образуются удушающие и токсичные вещества.

Существуют электрические кабели, не распространяющие горение. По конструктивному исполнению огнестойкие электрические кабели можно отнести к двум типам:

- кабели со стеклослюденитовой изоляцией – в них применяется электроизоляционный и термический барьер из слюдосодержащих стеклолент, наложенный обмоткой поверх токопроводящих жил;

- кабели с изоляцией из керамообразующей силиконовой резины (термопластичный эластомер ТПЭ) – такая резина создает электроизоляционный и термический барьер. При воздействии высоких температур (огня) на керамообразующую силиконовую резину образуется минеральный прочный керамоподобный диэлектрический слой на поверхности токопроводящих жил, который и обеспечивает работоспособность огнестойкого кабеля в условиях пожара.

Оболочка огнестойких кабелей выполняется из поливинилхлоридных пластиков пониженной пожароопасности или полимерной композиции, не содержащей галогенов (рис. 2).

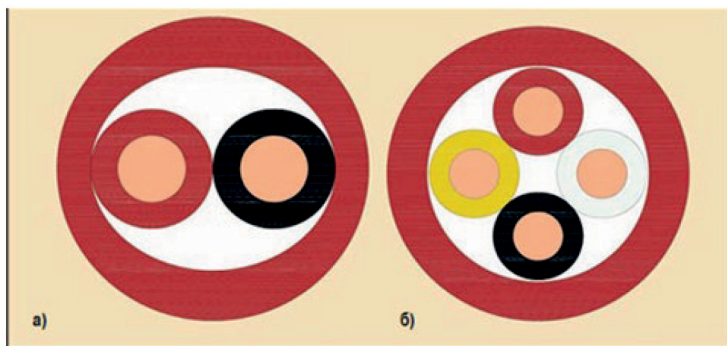


Рис. 2. Сечение огнестойкого кабеля:
а) однопарный; б) двухпарный

В случае возникновения пожара «системы противопожарной защиты должны обладать надежностью и устойчивостью к воздействию опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для достижения целей обеспечения пожарной безопасности...» [4]. Важную роль будут играть низковольтные кабельные линии электроснабжения систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, автоматического пожаротушения и т.п., так как они могут оказаться непосредственно в зоне пожара. Именно поэтому такие кабели должны иметь повышенные показатели пожарной безопасности и огнестойкости.

Следует отметить, что в настоящее время на кабель, не распространяющий горение, серий «нг – LS» и «нг – нг», использующих полимерные материалы, в нормативной документации для кабельного производства пока нет показателей, характеризующих в полном объеме их горючесть, как того требует Технический регламент. Наиболее жесткие требования предъявляются к огнестойким кабелям (FR), где параметр «огнестойкость» означает его способность выполнять свои функции до потери работоспособности в результате воздействия регламентированного нормами теплового источника. Количественной мерой этого параметра является пре-

дел огнестойкости, характеризующий время, в течение которого кабель при воздействии указанного теплового источника выполняет свою функцию – передачу электроэнергии.

К преимуществам огнестойких кабелей можно отнести то, что они не поддерживают распространение горения и имеют свойство самозатухания, а так же низкое дымовыделение. Огнестойкие кабели не выделяют галогенов и коррозионных газов, сохраняют работоспособность при воздействии пламени в течение 180 мин. (FE 18Q) при жестком механическом воздействии (EN 50200 Ph 90 – 90 мин.).

В Европе испытание на сохранение функционирования кабельной системы проводится по стандарту DIN 4102-12 (E30-E90) ... Германия, при этом классу системы E30; E60; E90 соответствует время 30; 60; 90 мин, в течение которого испытываемый кабель пропускает ток и сохраняет изоляцию. В России такие испытания пока не проводятся [5].

С учетом опасных факторов пожара при горении кабелей в настоящее время нормирован комплекс показателей пожарной безопасности электрических кабелей, которыми руководствуются как производители, так и потребители (рис. 3).

| Наименование показателя | Обозначение в марках кабелей | Нормативная база для оценки показателя |
|---|------------------------------|---|
| 1. Нераспространение горения: | | |
| одиночного образца | без обозначения | ГОСТ Р МЭК 60332–1 ГОСТ Р МЭК 60332–2 |
| при групповой прокладке | индекс "нг" | ГОСТ Р МЭК 60332–3–21 ГОСТ Р МЭК 60332–3–22 ГОСТ Р МЭК 60332–3–23 ГОСТ Р МЭК 60332–3–24 ГОСТ Р МЭК 60332–3–25 |
| 2. Дымгазовыделение при горении и тлении | Индекс "LS" | ГОСТ Р МЭК 61034–2 |
| 3. Коррозионная активность продуктов при дымо- и газовыделении | Индекс "HF" | ГОСТ Р МЭК 60754–1 ГОСТ Р МЭК 6754–2 |
| 4. Огнестойкость | Индекс "FR" | ГОСТ Р МЭК 60331–11 ГОСТ Р МЭК 60331–21 ГОСТ Р МЭК 60331–23 |
| 5. Токсичность продуктов горения | Индекс "LTx" | ГОСТ 12.1.044–89 |

Рис. 3. Нормативные показатели кабелей

Для противопожарных систем и систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) должны выбираться кабели, обеспечивающие длительность функционирования систем в условиях пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей и выполнения мероприятия по тушению пожара. В зависимости от времени эвакуации людей при проектировании и строительстве объектов нужно рассчитать работоспособность систем пожарной безопасности (в том числе кабельных линий) в условиях пожара. Это вопрос довольно сложный. Поэтому следует ориентироваться на огнестойкие кабели (FRLS, FRMF), обеспечивающие минимальное время эвакуации для малых объектов до 30 мин., для зданий повышенной этажности – 60 мин., для высотных зданий – 90 мин.

Маркировка и сертификаты при выборе огнестойких кабелей важно обращать внимание на их маркировку и сертификаты. В маркировке кабельных изделий должен быть указан тип исполнения:

- НГ-FRLS - огнестойкий, не распространяющий горение при групповой прокладке с пониженным дымо- и газовыделением.
- НГ-FRHF - огнестойкий, не распространяющий горение при групповой прокладке и не выделяющий коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении (отсутствие галогенов).

В зданиях с постоянным пребыванием людей с ограниченными возможностями по слуху и зрению должны применяться световые мигающие оповещатели или специализированные оповещатели (в том числе системы специализированного оповещения, обеспечивающие выдачу звуковых сигналов определенной частоты и световых импульсных сигналов повышенной яркости, а также другие технические средства индивидуального оповещения людей) [5]. Примером могут послужить аспирационные пожарные извещатели.

Пожарный аспирационный извещатель – извещатель, использующий принудительный отбор воздуха (аспирацию) из защищаемого объема с мониторингом ультрачувствительными лазерными или оптическими дымовыми извещателями (рис. 4).

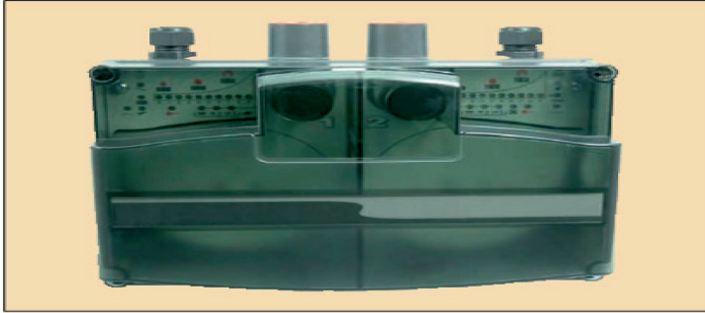


Рис. 4. Аспирационный пожарный извещатель

Извещатель обеспечивает сверхраннее обнаружение критической ситуации, что позволяет быстро среагировать руководству и предпринять меры по защите объекта, спасению людей, находящихся в здании.

Извещатели пожарные дымовые аспирационные должны обеспечивать отбор проб воздуха из защищаемого помещения через дымовсасывающие отверстия и трансляцию данных проб по воздушному трубопроводу к блоку обработки, содержащему технические средства обнаружения дыма [6].

Одним из самых главных преимуществ аспирационных пожарных извещателей является значительное повышение уровня пожарной защиты объектов и сооружений различного типа за счет обнаружения пожароопасной ситуации на сверх ранних этапах, что обеспечивает возможность ее ликвидации практически без глобальных материальных потерь и без эвакуации людей.

Конструктивные особенности аспираторов позволяют контролировать появление дыма даже там, где невозможно разместить и эксплуатировать точечные дымовые извещатели.

Компания «Систем Сенсор Фаир Детекторс», мировой лидер в производстве дымовых пожарных извещателей, предлагает несколько серий устройств разных модификаций и различного ценового уровня.

LASD – лазерный аспирационный извещатель. Одной из самых востребованных моделей является лазерный аспирационный извещатель серии LASD с лазерной технологией дымоопределения, который имеет высокую чувствительность (класс А).

Аспирационные извещатели LASD оснащены наглядными индикаторами, отображающими оптическую плотность среды, изменение скорости воздушного потока и его границ, включение сигналов «Внимание», «Предупреждение», «Пожар», состояние элементов устройства по каждому каналу и другие параметры.

Имеется возможность передачи данных на компьютер через USB-порт в реальном масштабе времени. Расчет числа воздухозаборных отверстий и их диаметра, уровней чувствительности и объема проходящего воздуха по отверстиям, времени транспортировки воздуха от отверстий до блока и других параметров системы производится с использованием удобной компьютерной программы ASPIRE 2 (поставляется бесплатно).

Так же в качестве обеспечения своевременной эвакуации людей рекомендуется установка фотолюминесцентной системы.

Фотолюминесцентная система – совокупность фотолюминесцентных элементов, предназначенных для обеспечения эвакуации людей в случае возникновения чрезвычайной ситуации, в том числе при аварийном отключении освещения, а так же для обеспечения процесса ликвидации пожара (рис. 5).

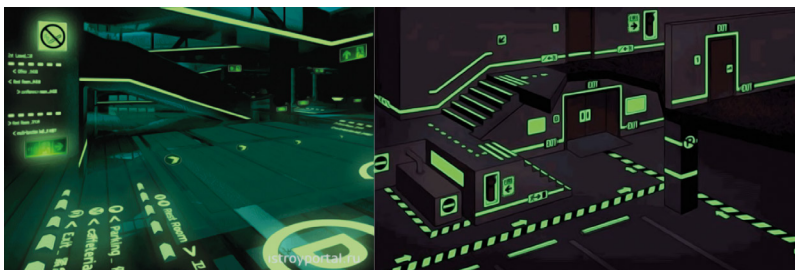


Рис. 5. Компоненты фотолюминесцентной системы эвакуации в здании в дневное/ночное время суток

Фотолуминофор, содержащийся в фотолуминесцентной пленке, излучает свет, накопленный посредством искусственного и (или) естественного освещения. Излученный свет фотолуминесцентной системы эвакуации после отключения источника искусственного освещения помогает различать таблички условных обозначений компонентов системы пожарной безопасности здания, планы эвакуации, направление маршрутов эвакуации и другие обозначения.

Элементы фотолуминесцентной системы относят к эвакуационным знакам пожарной безопасности, указывающие направление движения, следовательно, элементы устанавливаются на высоте не менее 2 м, согласно пункту 5.5 [5].

В практическом применении рекомендуемая установка на высоте не менее 2 м. имеет несколько недостатков:

- в момент развития пожара, дым, скапливаясь в верхней части помещения, ограничит видимость знаков пожарной безопасности, установленных на такой высоте;
- расстояние не рассчитано под рост людей (среднестатистический рост человека 170 см, а значит, что при эвакуации, он не сможет принять максимально низкое положение, чтоб исключить попадание угарного газа, а также обеспечивать видимость при движении к аварийным выходам, так как ему нужно будет ориентироваться по знакам, которые находятся на достаточно высоком расстоянии, а в худшем случае обзор знаков будет ограничен запылившим верхнюю часть помещения дымом).

Анализируя недостатки, предлагается внести изменения в свод правил, такие, как:

- расстояние размещения знаков эвакуации, примерно, как на рис.5 (обозначая проемы, травмоопасные участки и т. д.) для удобного и достаточно понятного представления габаритов помещения даже вновь посетивших здание, из которого требуется эвакуироваться в момент отсутствия электропитания;
- внесение дополнительных условий размещения знаков эвакуации, а именно при расположении эвакуационных знаков в ниж-

них точках помещения, дублировании на пол – не загромождать, не ограничивать видимость данных знаков.

Существует ряд аспектов, при которых выполнение фотолюминесцентной системы эвакуации в здании гораздо повысит шансы беспрепятственной эвакуации.

В момент экстренной ситуации есть два основных типа поведения: паника и ступор. И лишь немногие люди, в основном подготовленные психологически, могут трезво рассуждать и действовать, спасая себя и окружающих.

Человеку необходимо видеть знакомые и понятные ориентиры, которые помогут выйти из панического состояния и начать действовать правильно.

С фотолюминесцентным эффектом в таком случае должны быть:

- планы эвакуации;
- знаки безопасности и указатели направления эвакуации;
- ленты для обозначения стен, проемов дверей, ниш, углов, поручней;
- элементы для обозначения выключателей, дверных ручек, огнетушителей, пожарных кранов и т. д.;
- стрелки и точки из износостойкого противоскользящего материала для указания безопасного пути;
- ламинированные, износостойкие ленты и стрелки для обозначения опасных мест на полу;
- противоскользящее покрытие для выделения ступенек, краев пандусов и платформ.

Для обеспечения повышенной защищенности персонала в случае возгорания предлагается снабдить дежурную смену огнестойкими средствами индивидуальной защиты органов дыхания и головы – универсальными фильтрующими малогабаритными самоспасателями «Шанс-Е» (рис. 6).

Они предназначены для защиты человека от токсичных продуктов горения (в т. ч. оксида углерода) при нахождении в задымленных помещениях во время пожара. Время защитного действия составляет более 30 минут – этого достаточно для эвакуации или ожидания спасательной группы [7].



Рис. 6. Фильтрующий малогабаритный самоспасатель «Шанс-Е»

Данные рекомендации являются лишь фундаментом для дальнейшего совершенствования мер противопожарной защиты объекта, так как на нём периодически будет происходить реорганизация управленческой структуры, сокращение либо увеличение персонала, замена оборудования на более современные, расширение сферы деятельности.

Предлагается замена старых электрокабелей на современные образцы, не распространяющие горение. Для своевременного извещения о наличии возгорания предлагается установка аспирационных извещателей.

Для обеспечения успешной эвакуации в условиях ограниченной видимости рекомендуется установка фотолюминесцентной системы эвакуации, а для защиты персонала применение современных удобных средств индивидуальной защиты.

Подводя итоги, следует подчеркнуть, что расходы на применение таких устройств, вполне оправданы для защиты жизни и безопасности людей в условиях их круглосуточного пребывания.

Реализация предложенных мероприятий позволяет достигнуть цели исследования – снижение риска возникновения пожара и обеспечить успешность эвакуации людей в случае возникнове-

ния непредвиденных ситуаций, а также помогает достигнуть цели статьи 1 Федерального закона № 123 [2].

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 (ред. от 20.09.2019) «О противопожарном режиме» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902344800>.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», статья 51 пункт 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902111644>.
3. Отравление угарным газом при пожарах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=32878>.
4. Пожарная безопасность электрических кабелей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://polyset.ru/article/st916.php>.
5. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145>.
6. ГОСТ Р 53325-2009 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071928>.
7. Самоспасатель «Шанс-Е» с полумаской [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.npk-phz.ru/catalog/shans/shans-e/shans-e-polumaska/>.

УДК 624.058

Юлия Анатольевна Фоменок, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: yuliya.fomenok@mail.ru

Yuliya Anatolyevna Fomenok, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: yuliya.fomenok@mail.ru

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

METHODS FOR ENSURING SAFETY DURING DISMANTLING OF LARGE-SPAN STRUCTURES

В статье рассматривается проблема обрушения сооружений как одна из актуальных проблем строительства. Рассмотрены причины обрушения СКК «Петербургский» и здание Уфимский государственный цирк, как пример успешной оценки угрозы обрушения. Для обеспечения безопасности предложено использовать в ходе обследования «Метод свободных колебаний». Обосновано, что с применением данного метода, при разборке здания СКК «Петербургский», можно было бы избежать обрушение крыши и гибели человека. Кроме того, сформулирован перечень мероприятий, которые требуется провести перед разработкой проекта демонтажа сооружения. Описывается пример применения методики динамических испытаний для получения ключевых параметров колебаний покрытия здания Уфимского государственного цирка. Это позволило создать и адаптировать конечно-элементную модель сооружения и определить реальный ресурс ее несущей способности. Подобное исследование для здания СКК также позволило бы установить последовательность операций по безопасному демонтажу конструкций.

Ключевые слова: адаптация расчетной модели, мониторинг динамических параметров, несущие ванты, динамические характеристики, собственные колебания, формы колебаний.

The article deals with the problem of collapse of structures as one of the actual problems of construction. The reasons for the collapse of the St. Petersburg CCM and the Ufa state circus building are considered as an example of a successful assessment of the threat of collapse. To ensure safety, it is proposed to use the “free oscillation Method” during the survey. It is proved that using this method

when disassembling the building of the St. Petersburg CCM, it would be possible to avoid the collapse of the roof and the death of a person. In addition, a list of activities that need to be carried out before the development of the project for dismantling the structure is formulated. An example of applying the dynamic test method to obtain key vibration parameters for covering the building of the Ufa state circus is described. This allowed us to create and adapt a finite element model of the structure and determine the real resource of its load-bearing capacity. Such a study for the CCM building would also allow us to establish a sequence of operations for the safe dismantling of structures.

Keywords: adaptation of the calculation model, monitoring of dynamic parameters, load-bearing shrouds, dynamic characteristics, natural oscillations, oscillation forms.

Современные инженерные технологии позволяют возводить уникальные большепролетные сооружения, которые имеют расстояния между несущими опорами более 40 метров, делая их надежными и функциональными. Примерами таких сооружений являются театры, цирки, стадионы, торговые комплексы.

Большепролетные конструкции реализуют разнообразные виды сопряжений для построения выразительных геометрических форм и архитектурных решений любой сложности. Поскольку под действием естественной тяжести конструкции и влиянием внешних факторов могут возникать опасные повреждения, важно оптимально распределить нагрузку между конструктивными элементами большепролетных конструкций.

Сооружения, в основе которых заложены большепролетные конструкции, в процессе эксплуатации подвержены риску возникновения деформаций и трещин, в последующем ведущих к их разрушению. А, поскольку, социальные последствия таких аварий чрезвычайно велики, то они требуют постоянного мониторинга своего состояния для обеспечения безопасной эксплуатации.

Наблюдение за техническим состоянием зданий должно осуществляться систематически, а изменения должны оцениваться на основе количественных критериев, а именно выявлением соответствия фактической прочности, жесткости и устойчивости конструктивных элементов нормативным требованиям.

Основными повреждениями в несущих конструкциях являются: трещины, прогибы, выбоины, деструкция бетона на поверхности элементов, коррозия арматуры.

С помощью мониторинга большепролетных сооружений можно выявить неблагоприятные изменения, появление дефектов и повреждений, отследить физический износ, снижение несущих способностей инженерных конструкций и уже после принять решение о дальнейшей эксплуатации здания.

В случае же разработки проекта безопасного демонтажа уникальных конструкций задача значительно усложняется и требует выполнения определенной последовательности операций как по обследованию, так и по созданию расчетной модели, подтверждающей правильность принятых решений.

По-видимому, такого рода процедура не применялась при демонтаже СКК «Петербургский», что привело к обрушению крыши и гибели рабочего.

Перекрытие СКК выполнено в виде тонкой 6-миллиметровой стальной оболочки – мембраны, смонтированной на 112 несущих вантах с их предварительным натяжением. В результате обследования кровля здания была признана аварийной, выявлена коррозия на 80 % элементов крепления. Поэтому было принято решение о демонтаже, как крыши, так и всего сооружения. Демонтаж осуществлялся путем последовательного срезания несущих вант, что на определенной стадии привело к внезапному обрушению всей конструкции (рис. 1).

Всего этого можно было избежать, если бы на модели была предварительно просчитана ситуация, повлекшая аварийное обрушение, и выбрана последовательность операций безопасного проведения работ.

Так, на первой стадии необходимо выполнить расчетную модель сооружения и провести модальный анализ для определения теоретических динамических параметров. Далее проводится определение фактических динамических параметров в ходе динамических испытаний. Эти данные сравниваются с результатами модаль-

ного анализа и дают возможность провести адаптацию расчетной модели до момента их удовлетворительного совпадения. Новая, адаптированная по экспериментальным данным модель может быть использована для теоретических расчетов на любую нагрузку и позволяет получать надежные прогнозы для любых вариантов усиления или реконструкции.

Определение динамических характеристик осуществляется «Методом свободных колебаний», в соответствии с ГОСТ 31937-2011 и ГОСТ 54859-2011 по методикам, предлагаемым специалистами в работах [1-4].

В качестве примера успешного использования этого метода для диагностики ресурса несущей способности оболочки покрытия сооружения можно привести здания цирка в Уфе (рис. 2).

Здание является архитектурным памятником города, а крыша подобна покрытию СКК «Петербургский». В ходе проверки состояние кровли цирка была признано аварийным. Соответственно были проведены испытания покрытия здания цирка, чтобы решить вопрос о капитальном ремонте здания.

Во время мониторинга объекта производилась оценка динамических параметров покрытия здания [5]. Определение динамических характеристик осуществляется «Методом свободных колебаний».



Рис. 1. Здание СКК «Петербургский» после обрушения крыши

Полученные формы и частоты собственных колебаний покрытия, см. рис. 3, были использованы проектными организациями для уточнения расчетов, выполненных в программном комплексе «Зенит».



Рис. 2. Здание цирка в г. Уфа

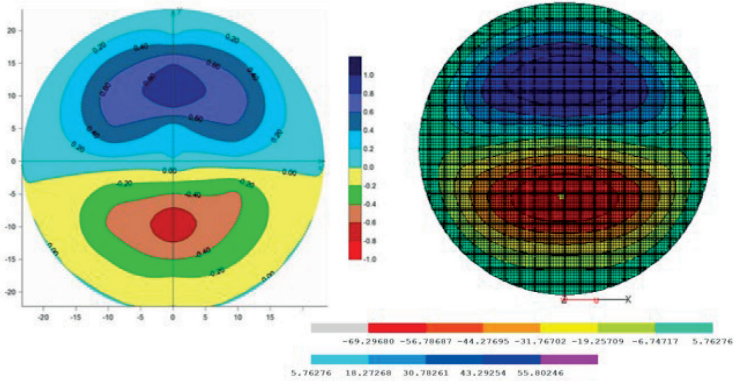


Рис. 3. Диаграммы свободных колебаний покрытия

По результатам исследований было установлено, что первоначальные оценки технического состояния оболочки были существен-

но занижены и не соответствовали ее фактическому состоянию. Был сделан вывод, что покрытие находится в «ограниченно-работоспособном состоянии» и можно ограничить ремонтные работы устранением протечек и повреждений кровельного покрытия.

Таким образом, в руках у строителей есть весьма универсальный инструмент, позволяющий решать сложные задачи и предотвращать аварии с человеческими жертвами.

Значительную часть подобных аварий можно избежать, если вести постоянный контроль за зданием, и не пренебрегать предупредительными мерами. Тогда значительно сократиться количество человеческих жертв и материального ущерба из-за обрушения зданий.

Литература

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. Стандартинформ. 2014, – 89 с.
2. ГОСТ 54859- 2011. Здания и сооружения. Определение параметров оснвного тона собственных колебаний. М. Стандартинформ. 2012, – 19 с.
3. *Савин С. Н., Ситников И. В., Данилов И. Л.* Оценка качества монолитных железобетонных конструкций // Жилищное строительство. №9, 2009, – с. 20–21.
4. *Савин С. Н.* Динамический мониторинг строительных конструкций на примере пандуса киноконцертного зала «Пушкинский» в г. Москва. //Инженерно-строительный журнал №7 (33), 2012 г., – с. 58–62.
5. *Савин С. Н., Фоменок Ю. А.* Сопоставительный анализ форм колебаний сборно-монолитного железобетонного покрытия здания цирка в г. Уфе // Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций: сб. науч. статей. – Санкт - Петербург, 2019, – 19 с.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

УДК 004.896

Анна Сергеевна Васенина, студент
Вадим Дмитриевич Коновалов, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: mineral304@icloud.com
konvvadim@gmail.com

Anna Sergeevna Vasenina, student
Vadim Dmitrievich Kononov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: mineral304@icloud.com
konvvadim@gmail.com

ИЗМЕНЕНИЯ В СИСТЕМЕ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

CHANGES IN THE SYSTEM OF COMMERCIAL METERING OF ELECTRIC POWER

Описаны основные положения федерального закона № 522-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии в Российской Федерации» и последующее их влияние на коммерческий учет в сфере электроэнергетики. Указаны новые обязанности сетевых организаций и гарантирующих поставщиков электроэнергии в рамках измененного законодательства. Использование счетчиков с минимальным набором функций интеллектуальных систем усилит контроль над коммерческим учетом электроэнергии, позволит выявить незаконную установку электросчетчиков с дистанционным управлением, бездоговорное подключение к электрическим сетям сетевых организаций и безучетное потребление. Поставлен вопрос о решении проблем, связанных с отсутствием реальных данных о потреблении электроэнергии. Описан разработанный единый протокол передачи данных СПОДЭС. Также поставлен вопрос о возможном росте тарифов за поставку электроэнергии в связи с новыми финансовыми нагрузками на сетевые организации и гарантирующих поставщиков электроэнергии.

Ключевые слова: федеральный закон № 522-ФЗ, новые правила коммерческого учета электроэнергии, интеллектуальные системы коммерческого учета электроэнергии, усиление контроля над коммерческим учетом электроэнергии, бездоговорное и безучетное потребление электроэнергии, единый протокол данных СПОДЭС, рост тарифов за электроэнергию.

The main provisions of Federal law No. 522-FZ “on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation in connection with the development of electric energy accounting systems in the Russian Federation” and their subsequent impact on commercial accounting in the electric power industry are described. The new responsibilities of network organizations and guaranteeing electricity suppliers under the amended legislation are specified. The use of meters with a minimal set of intelligent system functions will strengthen control over commercial electricity accounting, allow detecting illegal installation of remote-controlled electricity meters, as well as detecting non-contractual connection to the electric networks of network organizations and unaccounted consumption. The question of solving the problems associated with the lack of real data on electricity consumption is raised. This article describes a single data transfer Protocol of SPADES. The question was also raised about the possible increase in tariffs for the supply of electricity due to new financial burdens on network organizations and guaranteeing electricity suppliers.

Keywords: Federal law No. 522-FZ, new rules for commercial accounting of electricity, intelligent systems for commercial accounting of electricity, increased control over commercial accounting of electricity, non-contractual and unaccounted-for electricity consumption, the unified SPODES data Protocol, growth of electricity tariffs.

27 декабря 2018 года вступил в силу Федеральный закон № 522-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии в Российской Федерации» [1]. Среди специалистов в области электроэнергетики этот закон более известен, как «закон об интеллектуальном учете электроэнергии». Большая часть изменений коснулась Федерального закона № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»: статья 3 дополнена понятием «интеллектуальной системы учета электрической энергии (мощности), а также установлено, что обеспечение коммерческого учета электрической энергии (мощности) на розничных рынках и в целях оказания коммунальных услуг по электроснабжению возлагается на гарантирующих поставщиков электроэнергии и сетевые организации, в том числе посредством интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности). Приобретение, установка, замена, допуск в эксплуатацию приборов учета электрической энергии или иного оборудования, а также нематериальных активов, которые необхо-

димы для обеспечения коммерческого учета электрической энергии (мощности) при отсутствии, выходе из строя, истечении срока эксплуатации или истечении интервала между поверками приборов учета электрической энергии и (или) иного оборудования также становится обязанностью гарантирующих поставщиков электроэнергии и сетевых организаций [2].

С 2021 года все многоквартирные дома необходимо оснащать приборами учета электрической энергии, которые могут обеспечить возможность их присоединения к интеллектуальным системам учета электрической энергии [2]. Необходимо уточнить, что данные поправки вводятся не только в отношении многоквартирного дома и помещений в многоквартирных домах, электроснабжение которых осуществляется с использованием общего имущества. Федеральный закон в последней редакции также освобождает промышленного потребителя и всех иных потребителей, имеющих отдельный главный распределительный щит и непосредственно или опосредованно присоединенных к сетям сетевой организации от бремени оснащения и эксплуатации всех приборов учета электрической энергии.

На основании Федерального закона об «интеллектуальном учете» с 2022 года все приборы учета электрической энергии, допускаемые в эксплуатацию для коммерческого учета и оказания коммунальных услуг по электроснабжению, должны обладать минимальным набором функций для коммерческого учета электрической энергии, такие как передача показаний и результатов измерений, информация и количество и иные параметры электрической энергии, ограничение режима потребления и возобновление подачи, установление и изменение тарифных зон, параметры настройки, нормативная справочная информация, а также архив данных. При неисполнении обязательств по предоставлению гарантирующим поставщиком и сетевой организацией доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии (мощности) субъект электроэнергетики или потребитель электрической энергии (мощности) вправе потребовать уплаты

штрафа, так как со своей стороны потребитель электрической энергии или субъект электроэнергетики обязан осуществлять информационный обмен данными, получаемыми в ходе обеспечения коммерческого учета электрической энергии на розничных рынках и для оказания коммунальных услуг по электроснабжению, необходимыми для взаиморасчетов за поставки электрической энергии и мощности.

Все вышеописанные положения, внесенные в законодательство Российской Федерации, безусловно, являются следствием технического прогресса в сфере учета электрической энергии и подталкивают перейти на новый технический уклад.

Новые правила учета и внедрение счетчиков с минимальным набором функций интеллектуальных систем позволят усилить контроль над коммерческим учетом электроэнергии. В будущем времени сетевые организации и гарантирующие поставщики смогут в автоматическом режиме осуществлять следующие действия: дистанционно собирать показания с приборов коммерческого учета электрической энергии, ограничивать мощность недобросовестным потребителям электрической энергии, удаленно вносить изменения в конфигурацию электросчетчиков (переход с одного тарифа на другой), получать информацию о внешнем воздействии на электросчетчик и о внутренних повреждениях интеллектуальной системы учета.

На данный момент сетевые компании и гарантирующие поставщики электроэнергии имеют ограниченные возможности взаимодействия с потребителем электрической энергии, когда есть основание полагать, что ведется бездоговорное потребление электрической энергии. Нередко случается невозможным доказать умышленность этих действий и привлечь потребителя к административной ответственности. Актуальной проблемой сегодняшнего дня являются «заряженные» электросчетчики со встроенным механизмом. Такие счетчики внешне ничем не отличаются от обычного устройства, этикетки и пломбы искусно подделываются. Существенная разница – в наличии пульта дистанционного

управления. Применение данного пульта позволяет воздействовать на счетчик электрической энергии: останавливать его работу, замедлять подсчет потребленной электроэнергии либо переключать в режим фиксации потребления через раз. Очевидно, что применение таких счетчиков является незаконным и влечет за собой не только экономические последствия.

Использование таких приборов искажает данные о реальном расходе электроэнергии. В сетях частного жилого сектора с малоэтажными домами установка «заряженных» электросчетчиков приводит к перегрузке сети, следовательно, ухудшается качество поставляемой электроэнергии, часто возникают перебои электроснабжения. Помимо вышеизложенных проблем, существует проблема оплаты всего объема безучетного потребления электроэнергии, вследствие использования электрических счетчиков с пультом дистанционного управления. В многоквартирных домах весь объём безучетного потребления электроэнергии «ложится на плечи» добросовестных потребителей-соседей.

Когда вся работа по коммерческому учету электрической энергии будет обязанностью сетевых организаций и гарантирующих поставщиков электроэнергии, обнаружение бездоговорного и безучетного потребления электрической энергии с помощью интеллектуальных систем учета электроэнергии будет более простой задачей, а общее количество безучетного и бездоговорного потребления по истечении определенного времени значительно сократится. Согласно новому законодательству необязательно пытаться попасть на территорию потребителя электроэнергии для проверки приборов учета или выявления незаконных действий в сфере коммерческого учета электроэнергии, появилось право устанавливать расчетные приборы на границе балансовой принадлежности сторон. На рис. 1 представлено бездоговорное подключение к одной из фаз в трехфазной сети, обнаружение незаконного действия осуществлено с помощью интеллектуальной системы коммерческого учета электроэнергии.

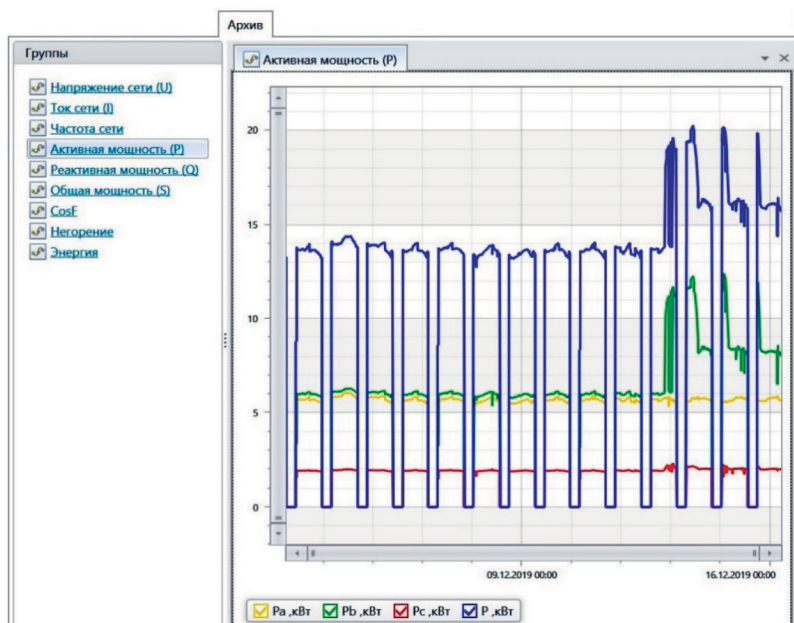


Рис. 1. Бездоговорное подключение

Исполнение обязательств со стороны сетевых организаций и гарантирующих поставщиков электроэнергии по внедрению интеллектуальных систем учета электроэнергии позволит также решить такие проблемы, как отсутствие и искажение реальных данных о потреблении электрической энергии. На данный момент нет единого регламента, устанавливающего точное время, в которое потребителям электроэнергии необходимо передавать показания электросчетчиков в сбытовые организации. Показания, полученные из разных квартир в разное время, могут внести погрешности в общее месячное потребление электроэнергии, следовательно, привести к росту платы за содержание общего имущества дома. Изменения в законодательстве, требующие внедрения интеллектуальных систем учета электроэнергии, позволят органи-

зывать дистанционную передачу точных данных потребления электроэнергии одновременно и уменьшить количество финансовых разногласий между потребителями и гарантирующими поставщиками электроэнергии. Однако на данном этапе не существует четких правил обмена информацией и требований к ней, протоколы передачи данных не унифицированы и не определены до сих пор [3]. На российском рынке присутствуют системы с разным программным обеспечением и с разными функциональными возможностями, что может привести к сбоям и ошибкам в дистанционной передаче данных.

В современных приборах учета (счетчики электрической энергии, тепла, воды, газа), как правило, для передачи данных используют проприетарные протоколы. В результате чего, приборы учета разных производителей становятся несовместимыми, а это не только усложняет модернизацию систем, внедрение инноваций, но и лишает рынок систем учета энергоресурсов «свободной» конкуренции. Для решения данной проблемы необходимо создание единого, открытого протокола передачи данных, например, протоколов, соответствующих стандарту IEC 62056 (DLMS/COSEM). В 2016 году ПАО «Россети» анонсировало разработку нового единого протокола электросчетчиков под названием СПОДЭС на базе DLMS/COSEM и при поддержке национального объединения организаций в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности с участием Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, а также представителей законодательной власти Российской Федерации состоялось совещание производителей приборов учета и систем АСКУЭ по вопросу разработки единого национального протокола приборов учета [4]. Было принято решение выбрать СПОДЭС на базе DLMS/COSEM, как единый протокол передачи данных. Поскольку ПАО «Россети» – крупнейшая в России энергетическая компания, обеспечивающая передачу и распределение электрической энергии, российским производителям приборов учета электрической энергии выгодно принять этот стандарт и получить

доступ к большому рынку сбыта. На рис. 2 представлена типовая схема соединения между сервером и клиентом единого протокола данных под названием СПОДЭС [5].



Рис. 2. Типовая схема соединения между сервером и клиентом

Тарифы на электроэнергию складываются из нескольких частей:

1. Стоимость производства ресурса. В тариф включается стоимость киловатт-часа электроэнергии, который её продаёт на оптовом рынке по свободным ценам.

2. Цена услуг по передаче электрической энергии. От компаний-производителей до конечного потребителя электроэнергию доставляют сетевые организации. Они на праве собственности или на иных законных основаниях владеют объектами электросетевого хозяйства: линиями электропередачи, трансформаторными подстанциями, распределительными пунктами и т. д.

3. Сбытовая надбавка. У производителей электроэнергию покупают сбытовые компании, а затем продают её конечным потребителям по договорам энергоснабжения. Поэтому в тариф включена сбытовая надбавка – средства, которые необходимы сбытовой компании (РСО) для работы: выплаты заработной платы, создания материально-технической базы, содержания офисов обслуживания и т. д.

4. Инфраструктурные платежи. Это стоимость услуг организаций, ответственных за управление Единой энергетической системой России и регулирующих рынок электроэнергии: АО «Центр финансовых расчётов», АО «Администратор торговой системы» и АО «Системный оператор Единой энергетической системы» и др.

Согласно федеральному закону №522-ФЗ расходы гарантирующего поставщика, понесенные им для приобретения, установки и замены приборов учета электрической энергии или иного оборудования, необходимого для обеспечения коммерческого учета электрической энергии не учитываются при государственном регулировании тарифов. Экономия средств, сохраненных в соответствии с требованиями законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в необходимой валовой выручке гарантирующего поставщика при установлении сбытовой надбавки гарантирующего поставщика, может быть использована для выплат по энергосервисным договорам (контрактам), на компенсацию расходов на приобретение и установку приборов учета электрической энергии, создание интеллектуальной системы учета электрической энергии. Так как сетевые организации и гарантирующие поставщики осуществляют регулируемый вид деятельности, основным источником для них является тариф. Поэтому вопрос о том, возможен ли рост тарифов для населения за электроэнергию в связи с внедрением интеллектуальных систем учета электроэнергии и необходимостью сетевым организациям и гарантирующим поставщикам электроэнергии брать на себя новую финансовую нагрузку, остается открытым.

Абсолютно понятно, что для полной и эффективной реализации принятого федерального закона № 522-ФЗ требуются подзаконные акты, регламентирующие многие технические и финансовые вопросы. Необходимо изменение постановления Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 31.12.2019) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (вместе с «Основными положениями функциони-

рования розничных рынков электрической энергии», «Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии»), а также Постановления Правительства РФ от 27.12.2004 № 861 (ред. от 27.12.2019) «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020), поскольку на данный момент они определяют обязанность организовывать коммерческий учет электроэнергии потребителя, а не сетевых организаций и гарантирующих поставщиков электроэнергии [6], [7]. В целом новые правила коммерческого учета электроэнергии – это позитивная история для российского рынка и верное направление для развития электроэнергетики.

Литература

1. Федеральный закон от 27.12.2018 № 522-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации». 11 с.
2. <https://rostov.tns-e.ru/news/population/obzor-izmeneniy-zakonodatelstva/>
3. https://stopress.ru/archive/html/sto_0873_dekabr_2019/novie_pravila_ucheta_elektricheskoi_energii_prizhok_nad_propastu.html
4. <https://argoivanovo.ru/news/index.php?news=343921>
5. СТО 34.01-5.1-006-2019 Счетчики электрической энергии. Требования к информационной модели обмена данными (версия 2). Стандарт организации ПАО «РОССЕТИ». 115 с.
6. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 31.12.2019) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электриче-

ской энергии» (вместе с «Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии», «Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии»). 365 с.

7. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 № 861 (ред. от 27.12.2019) «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2020). 130 с.

УДК 621.316.925.1

Виктория Павловна Рыбальская,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: rybalskya@mail.ru

Viktoriya Pavlovna Rybalskya,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: rybalskya@mail.ru

ЦИФРОВАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

DIGITAL RELAY PROTECTION

В наши дни цифровизация является одним из главных направлений технического прогресса. Качественным скачком в электроэнергетике стало применение цифровой релейной защиты, обладающей рядом преимуществ в сравнении с механической и электронной. В силу существенных отличий технической базы, а также способов обработки информации, алгоритмы цифровой релейной защиты и принципы ее построения отличаются от предыдущих. Основным преимуществом данного нововведения считается реализация защитных функций, которые было невозможно осуществить ранее, при помощи обработки цифровых сигналов и последующим обменом информацией. Использование цифровых технологий повышает эффективность релейной защиты, благодаря более точному учету повреждений энергосистемы и сравнительно небольшим затратам на обслуживание.

Ключевые слова: информация, релейная защита, цифровизация, энергосистема, энергоэффективность.

One of the most important ways of technological progress today is a digitalization process. Utilization of digital relay protection become a huge leap for the electric power industry due to the number of advantages that mechanical and electric protection system lacks. Due to the significant differences between technical basis combined with other ways of data processing in compared with predecessors, digital protection relay algorithms and principles differ. The main advantage of this innovation is considered to be an implementation of those protective functions that cannot be achieved before without processing of digital signals with subsequent data exchange. Applying digital technologies enhance the effectiveness of relay protection because of more accurate account of damage to the power system along with relatively low maintenance costs.

Keywords: information, relay protection, digitalization, power system, energy efficiency.

Энергетическая система в электроснабжении представляет собой совокупность элементов таких, как генераторы тока, трансформаторы, кабельные и воздушные линии электропередачи, электродвигатели и т. д. Именно электроэнергетическая система обеспечивает производство, распределение и обеспечение электроэнергией потребителей.

Однако, в процессе эксплуатации энергосистемы могут возникать повреждения различных ее элементов, что приводит к нарушению электроснабжения. Чаще всего подобные явления возникают вследствие короткого замыкания, сопровождающегося увеличением токов через элементы энергосистемы. Именно для предупреждения негативных последствий при эксплуатации, принимаются специальные меры по защите системы.

Под защитой здесь подразумевается совокупность устройств, необходимых для обнаружения повреждений или аномальных режимов в энергосистеме, с последующим отключением повреждений, прекращением аномальных режимов и подачей команд или сигналов [1].

На значения контролируемых параметров системы реагируют измерительные реле, являющиеся важнейшим элементом защиты. Само устройство защиты состоит из отдельных измерительных реле и логических элементов, которые выполняют предусмотренные функции при обнаружении повреждений в энергосистеме.

Релейная защита является системой управления, которая получает информацию о токах, напряжениях, состоянии коммутационных элементов в отдельных участках системы. По результатам обработки поступающей информации релейная защита вырабатывает сигналы – команды включения или отключения для выключателей, а также передает сообщения для фиксирования и анализа процессов, протекающих в энергосистеме, и сообщения о состоянии релейной защиты (рис. 1).

К основным требованиям, предъявляемым к релейной защите, можно отнести:

- 1) чувствительность – способность реагировать на возможные повреждения на участке, а также быстро отключать эти участки, чтобы сохранить работоспособность всех элементов энергосистемы;

2) селективность – способность защиты формировать команды отключения только поврежденного участка и минимального числа участков, близких к нему, для снижения недоотпуска электроэнергии;

3) быстрота отключения;

4) устойчивость к влиянию внешней среды – электрическим, механическим, климатическим воздействиям;

5) надежность – вероятность выполнения релейной защитой требуемых функций в определенных условиях за определенный промежуток времени.

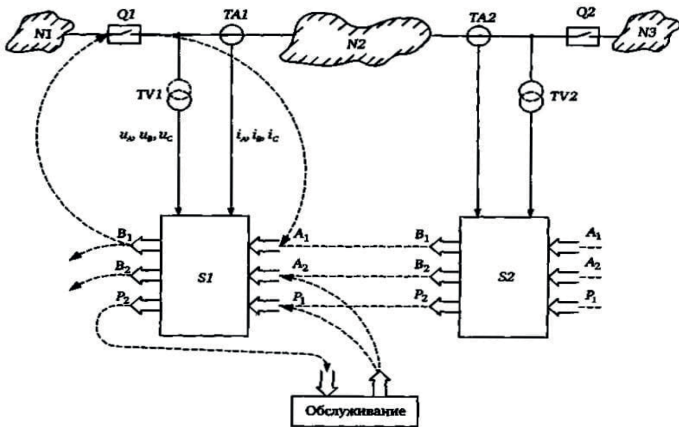


Рис. 1. Поток информации, используемые в цифровой релейной защите

Новые цифровые, или микропроцессорные, устройства выполняют функции защиты, автоматики, сигнализации и управления. Одновременно с этим становится возможным создание автоматизированной системы управления процессами на трансформаторных подстанциях.

Цифровая, или микропроцессорная, защита является высокотехнологичной и, вместе с тем, дорогостоящей системой.

Цифровая релейная защита имеет ряд преимуществ в сравнении с электромеханической и электронной за счет [2]:

1) повышения аппаратной надежности, сравнительно небольшой массы и габаритов устройств вследствие сокращения применяемых блоков и соединений – различные функции выполняет одно цифровое устройство (рис. 2);

2) удобных обслуживания и эксплуатации, возможности сокращения числа обслуживающего персонала;

3) расширения защитных функций и их качества;

4) регистрации и анализа процессов, событий возникших повреждений системы;

5) снижения потребления мощности по цепям переменного тока и напряжения;

6) принципиально нового управления защитой и передачи информации от нее на значительно удаленные объекты управления.

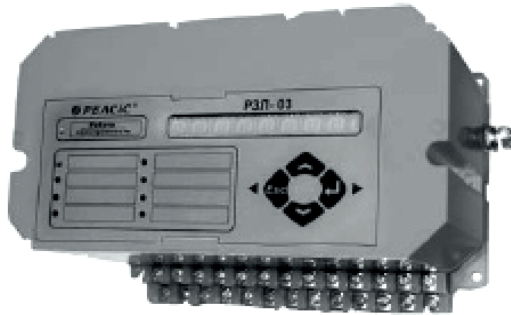


Рис. 2. Микропроцессорное устройство релейной защиты автоматики

К недостаткам цифровых устройств релейной защит можно отнести:

1) бóльшую стоимость в сравнении с электромеханическими устройствами;

2) переучивание обслуживающего персонала новым технологиям;

3) цифровым системам при выключении питания необходимо время для перезагрузки.

По статистическим данным более половины сбоев и отказов релейной защиты в нашей стране происходят по ошибке технического персонала.

Одновременно с этим, переход на новое цифровое оборудование повысит квалификационные требования к рабочим.

В странах Запада данный вопрос решается недопуском таких специалистов до энергообъектов, а также, специфика оборудования предполагает настройку и диагностику устройств представителями фирм-производителей, что, в свою очередь, также повышает стоимость цифровой релейной защиты.

Также микропроцессорные устройства требуют специально обслуживания, предполагающего покупку специальных приборов и оборудования, программного обеспечения и, соответственно, привлечения сторонних специалистов.

Принципиальным отличием цифровых устройств является их способность фиксировать и показывать ряд разнообразных показателей таких, как причины, время и дата отключения, длительность аварии и т.д. Однако на практике величин тока и напряжения оказывается достаточно для контроля, и, как следствие, подачи сигнала на цепь управления при отклонении данных параметров для отключения сетевой функции [3].

Все же цифровые устройства имеют весомое преимущество – крайне высокую точность измерения. Приборы предшествующего поколения позволяют измерять величины показателей с определенной погрешностью. Однако при многолетнем использовании точность измерений снижается. Цифровые устройства выводят точные значения на дисплей терминала, а также дают возможность объединения аппаратных устройств в единое целое.

Несмотря на наличие определенных недостатков, многие специалисты в сфере электроснабжения полагают, что полный переход к цифровой релейной защите неизбежен. Однако переход должен быть плавным по ряду причин [4].

Во-первых, каждый энергообъект является уникальным, имеет свои особенности и при переоснащении не может быть создан унифицированный подход.

Во-вторых, при переходе от электромеханической релейной защиты к цифровой необходимо учитывать ее связь с другими смежными системами.

Кроме того, определить степень надежности новых решений не так просто – здесь ее можно проверить только в случае возникновения аварийной ситуации в силу того, что релейная защита создана для оперативного реагирования на повреждения в энергосистеме.

По вышеописанным причинам переход к цифровой релейной защите необходим, однако, делать это нужно постепенно.

В настоящее время на реконструируемых подстанциях применяется «комбинированная» система защиты, где основной схемотехнического решения выступают микропроцессорные устройства, а для схемы дублирования – электромеханические. Данная мера является временной, несмотря на свою экономическую обоснованность, а в дальнейшем планируется полный переход к цифровым технологиям.

Литература

1. Международный стандарт IEC 50 (448) Защита энергетических систем. Женева, 1995.
2. Шнейерсон Э. М. Цифровая релейная защита. – М., Энергоатомиздат, 2007. – 3 с.
3. Абдюкаева А. Ф. Релейная защита – проблемы и перспективы / А. Ф. Абдюкаева, М. Б. Фомин, Е. М. Асманкин, Ю. А. Ушаков, Д. С. Федотов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета . – 2018. – № 2 (70). – С. 142–144.
4. Реймер В. В. Перспективы развития релейной защиты // Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК: матер. междунар. науч.-практич. конф. / Отв. ред. Ю.А. Ушаков. – О., Издательский центр ОГАУ, 2015. – С. 222–224.

УДК 621.316

Александр Анатольевич Тихонов,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: sa28@bk.ru

Aleksandr Anatolievich Tikhonov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: sa28@bk.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАГОРОДНЫХ СЕТЕЙ 10 КВ И 0,38 КВ

MODERN REQUIREMENTS FOR ENERGY EFFICIENCY AT DESIGNING COUNTRY NETWORKS 10 KV AND 0.38 KV

В настоящее время существует масса требований при строительстве загородных сетей. Одним таким требованием является рациональное потребление энергии. Поэтому при разработке проекта электроснабжения пригородной сети особое внимание уделяется разделу «Энергоэффективность», который направлен на оптимальное потребление энергоресурсов в загородных жилых, общественных зданиях и различных сооружениях, в целях создания максимально комфортных условий для жизнедеятельности человека. Задача повышения энергоэффективности является одной из основных задач Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» [1].

Ключевые слова: потери электроэнергии, структура потерь, энергоэффективность, мероприятия по снижению потерь, учет электроэнергии.

Currently, there are many requirements for the construction of suburban networks. One such requirement is rational energy consumption. Therefore, when developing a suburban power supply project, special attention is paid to the “Energy Efficiency” section, which is aimed at optimal energy consumption in suburban residential, public buildings and various structures, in order to create the most comfortable conditions for human life. The task of improving energy efficiency is one of the main tasks of the Federal Law “On energy conservation and improving energy efficiency ...” [1].

Keywords: electricity losses, loss structure, energy efficiency, measures to reduce losses, electricity metering.

Первопричиной снижения энергоэффективности в пригородных сетях являются потери, возникающие в различных элементах электрической сети, участвующих в распределении электроэнергии (далее ЭЭ). Полное избежание данных потерь является неосуществимой задачей, но, посредством ряда мероприятий, возможно добиться существенного их сокращения, что благоприятно отразится на энергоэффективности сети 10/0,4 кВ. Рассмотрим подробнее причины потерь ЭЭ по представленным ниже структурным схемам (рис. 1 и рис. 2).



Рис. 1. Структурная схема фактических потерь

Технические потери ΔW_T разобраны более детально на рис. 2.

На основе вышеизложенного в виде формул можно заключить следующее о технологических $\Delta W_{\text{тех}}$, фактических $\Delta W_{\text{ф}}$ и коммерческих $\Delta W_{\text{к}}$ потерях:

$$\Delta W_{\text{тех}} = \Delta W_T + \Delta W_{\text{погр}} + W_{\text{соб.н}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где ΔW_k – технические потери; $W_{\text{соб.н}}$ – потери на собственные нужды электростанции, $\Delta W_{\text{погр}}$ – погрешности системы учета ЭЭ;

$$\Delta W_{\phi} = \Delta W_o - \Delta W_{\text{п}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

здесь ΔW_t – технические потери, $\Delta W_{\text{п}}$ – поступившая в сеть ЭЭ, ΔW_o – ЭЭ, отпущенная потребителю.

$$\Delta W_k = \Delta W_{\phi} - \Delta W_{\text{тпэ}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$



Рис. 2. Технические потери ЭЭ в сетях 0,4/10 кВ, структурная схема

Мероприятия по снижению потерь в загородных сетях разорваны ниже. Список ниже составлен на основании [2].

Организационные мероприятия:

1. Сокращение времени, в течение которого линия находится в отключенном состоянии (время технического обслуживания и ремонта линии, оборудования).
2. Устранение неравенства нагрузки фаз.
3. Недопущение перегрузки силовых трансформаторов.

Технические мероприятия:

1. Использование проводов СИП, обладающих рядом преимуществ (в числе основных – меньшие электропотери) перед проводами старого образца.
2. Сокращение протяженности низковольтных кабельных линий.
3. Поддержание соответствующих качественных показателей ЭЭ в соответствии с [3].
4. Модернизация оборудования, замена изношенного на новое энергоэффективное.
5. Автоматизация электрических сетей. Применение современных методов дистанционного определения мест повреждения в сети, с целью экономии времени на поиск повреждения и устранения неисправности.
6. Использование устройств автоматического регулирования напряжения под нагрузкой.
7. Сокращение реактивной мощности с помощью компенсаторов.
8. Уменьшение расстояния от воздушных линий 0,4 кВ до потребителя.

К основным способам реализации технических мероприятий относятся:

1. Замена масляных трансформаторов ТМ на усовершенствованные, типа ТМГ, имеющие улучшенные энергетические характеристики.
2. Переход на провода СИП со сниженным реактивным сопротивлением по сравнению с неизолированными проводниками,

в следствие чего позволяют снизить энергопотери. Ко всему прочему, применение проводов данного типа исключает хищение ЭЭ путем несанкционированного подключения к сети.

3. Поддержание заданных качественных показателей ЭЭ в соответствии с [3]. Поддержание симметрии нагрузки по фазам с помощью трансформаторов с симметрирующим устройством, типа ТМГСУ, или фильтрами гармоник.

4. Компенсация реактивной мощности посредством тиристорных конденсаторных установок.

Следует подчеркнуть, что в связи с необходимостью наличия нормативно-правовых документов для осуществления организационных мероприятий предварительно решаются такие организационные вопросы как [4]:

1. распределение ответственности подразделений и отдельных субъектов за различные направления работ;
2. повышение квалификации сотрудников;
3. разработка программного обеспечения для расчета потерь;
4. проведение расчетов для определения структуры потерь с последующим анализом, направленным на нахождение участков с чрезмерными потерями;
5. разработка плана проведения мероприятий;
6. финансирование для закупки современного оборудования, его установки;
7. мониторинг работ по снижению потерь ЭЭ и ведение системы их учета и анализа.

Литература

1. Федеральный закон от 27.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». URL: <http://docs.cntd.ru/document/902186281> (дата обращения: 04.03.2020).
2. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2896 (дата обращения: 04.03.2020).
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии

в системах электроснабжения общего назначения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 04.03.2020).

4. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

| | |
|---|-----|
| С. Э. Бречкина Исследование методов измерения расходов сточных вод в коллекторах, работающих в напорных режимах. | 3 |
| Е. Д. Григорьева Сравнение безбашенной схемы и схемы с использованием водонапорной башни в водоснабжении малых населенных пунктов. | 14 |
| Т. А. Егоров Использование регулируемых обратных клапанов для предотвращения возникновения гидравлического удара на канализационных насосных станциях. | 21 |
| О. С. Ефремова, В. П. Верхотуров Эффективность использования вермикулита при очистке сточных вод от нефтепродуктов. | 33 |
| К. А. Иванов Анализ рисков при прокладке труб методом горизонтально направленного бурения в условиях водонасыщенных грунтов. | 40 |
| П. Д. Калмыков Применение сорбционных материалов для очистки поверхностного стока станции электродепо. | 49 |
| Е. Ю. Коженова Применение ультрафильтрации для очистки оборотной воды в плавательном бассейне. | 57 |
| Я. А. Коугия Обзор возможных способов обработки производственных стоков ЗАО «Предпортовый». | 67 |
| Т. Е. Кулакова Процессы разложения твердых коммунальных отходов на полигонах. | 77 |
| А. И. Матвеевко Условия использования серых стоков для повторного водоснабжения. | 87 |
| Н. А. Нурманов, А. А. Кириллов Обезвоживание бурового раствора. | 95 |
| А. Д. Степанов Анализ причин разрушения канализационных трубопроводов. | 100 |
| Л. А. Ухова Характеристика пенных средств пожаротушения нефтепродуктов. | 109 |

Л. А. Ухова Обзор методов очистки сточных вод, содержащих пенообразователи в пенных средствах пожаротушения нефтепродуктов. 115

К. А. Хворостинска, В. П. Верхотуров
Учет инфильтрационного стока в системах канализации. 121

СЕКЦИЯ ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

Т. И. Балтыжакова, И. И. Рагузин Совершенствование модели расчета кадастровой стоимости путем учета влияния малопривлекательных объектов 129

Е. М. Бамбурова Анализ значимости особых условий использования территорий при формировании ценовой политики земель, предназначенных для предпринимательства в Санкт-Петербурге 136

В. И. Бирковская, Д. И. Воробьева, Д. Н. Чертков
Выявление проблем государственного кадастрового учета объектов капитального строительства, находящихся в собственности физических лиц. 144

Е. А. Богданова К вопросу об особо охраняемых природных территориях 152

А. А. Зицик, А. А. Боголюбова, А. Ю. Романчиков
Прикладное использование фотограмметрического метода получения данных о натуральных измерениях при проведении обмеров нежилого помещения 160

Д. А. Головацкая кадастровые работы при проведении перепланировки и реконструкции коммунальных квартир в Санкт-Петербурге 170

А. Ю. Толкачева Исследование процедуры утверждения проекта планировки и межевания территории. 179

С. М. Шульцева Апартаменты – как объект кадастровой оценки 187

И. Н. Яковлева, О. О. Гожа, Н. В. Морозова
Современная классификация кадастровых ошибок 195

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

| | |
|---|-----|
| И. Н. Абакув Технологические решения благоустройства территорий с помощью систем снеготаяния и антиобледенения покрытий различного назначения | 204 |
| А. С. Боровик Численное моделирование теплообмена в испарителе теплового насоса «воздух-вода». | 214 |
| О. О. Ветрова Анализ использования теплового насоса для инженерных систем торгового центра в г. Москва | 220 |
| А. А. Дмитриев Анализ системы вентиляции развлекательного бассейна. | 229 |
| А. С. Ермолаева Организация воздухообмена в «чистых» помещениях больницы. | 238 |
| А. М. Зиганшин, Г. Р. Сафиуллина, Р. Р. Валлиулов Определение КМС Тройника: экспериментальное для симметричного на слияние и численное для несимметричного на разделение | 248 |
| Е. А. Ильин Опыт использования Audytor OZC, SET в курсовом проектировании систем отопления. | 257 |
| А. И. Ляховский Методы расчёта неизоэнтальпических вентиляционных струй. | 263 |
| А. С. Марченкова Особенности организации микроклимата музейных зданий | 277 |
| Н. Ю. Саввин, Н. Ю. Никулин, А. В. Дралов Современное теплообменное оборудование для различных сфер промышленности и теплоэнергетики | 291 |
| Е. А. Сайфуллина Эффективность использования статического дефлектора, анализ факторов влияющих на его работу. | 300 |
| Е. С. Хорошевская Коррозия как основная причина износа трубопроводов | 310 |
| Д. В. Щеглов Сопловое распределение воздуха в спортивном зале | 316 |

СЕКЦИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

| | |
|--|-----|
| А. Б. Атаев Оптимизация производства завода минеральных удобрений с целью повышения его экологической безопасности | 322 |
| Л. Л. Голубева Пути решения проблем экологии в горнодобывающей промышленности с целью повышения её экологической безопасности. | 332 |
| А. А. Загайдалова Оценка профессиональных рисков опасных производственных объектов. | 336 |
| А. Д. Матыскина Задача рекультивации полигона «Красный бор» с целью повышения его экологической безопасности | 354 |
| Е. А. Немирова, А. Д. Матыскина Внедрение ВМ технологий при оценке профессиональных рисков. | 366 |
| Е. А. Немирова ВМ-моделирование как новейший инструмент для обеспечения пожарной безопасности объекта строительства | 374 |
| А. В. Пьянков Предупредительные меры по снижению уровня заболеваемости машинистов башенного крана через организацию проведения производственного контроля за соблюдением санитарных правил и соблюдением санитарно-эпидемических (профилактических) мероприятий | 380 |
| А. С. Садовников, А. А. Загайдалова Анализ причин пожаров с разработкой предложений по снижению риска возникновения пожара и обеспечения эвакуации | 388 |
| Ю. А. Фоменюк Методы обеспечения безопасности при демонтаже большепролетных сооружений. | 403 |

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

| | |
|--|-----|
| А. С. Васенина, В. Д. Коновалов Изменения в системе коммерческого учета электроэнергии. | 409 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| В. П. Рыбальская Цифровая релейная защита | 420 |
| А. А Тихонов Современные требования к энергоэффективности при проектировании загородных сетей 10 кв и 0,38 кв. | 426 |

Научное издание

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ
И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**

Сборник материалов научных трудов

Компьютерная верстка *В. С. Весниной*

Подписано к печати 29.05.2020. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 25,4. Тираж 300 экз. Заказ 51. «С» 30.

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.