



ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Материалы 1-й Региональной научно-практической
конференции – магистреские слушания

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ, 2019

|||
2019

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Материалы 1-й Региональной научно-практической
конференции – магистерские слушания

4–9 февраля 2019 года

Санкт-Петербург
2019

УДК 69(063)
А 437

Рецензенты:

канд. техн. наук, ген. директор В. Ю. Безруких (ООО «Балткотломаш СПб»);
д-р техн. наук, профессор А. М. Гримитлин («АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД»)

Инженерные системы и городское хозяйство: материалы 1-й Региональной научно-практической конференции – магистерские слушания [4–9 февраля 2019 года]; СПбГАСУ. – СПб., 2019. – 200 с.

ISBN 978-5-9227-0938-5

В сборнике представлены статьи участников 1-й Региональной научно-практической конференции – магистерские слушания Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доцент И. И. Суханова (председатель);
канд. техн. наук, доцент А. В. Кобзарь;
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. А. Пухкал;
канд. техн. наук, доцент В. В. Резниченко;
канд. воен. наук, доцент В. В. Цаплин;
канд. техн. наук, доцент В. А. Яковлев (ответственный редактор)

ISBN 978-5-9227-0938-5

© Коллектив авторов, 2019
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2019

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

УДК 628.27

Евгения Юрьевна Афиногенова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ev.afinogenova@mail.ru

Evgeniya Iurevna Afinogenova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ev.afinogenova@mail.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ЗАИЛИВАНИЕМ УЧАСТКОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ СЕТЕЙ КАНАЛИЗАЦИИ

ANALYSIS OF THE METHODS OF SEDIMENTATION PREVENTION IN PIPES OF THE EXISTING SEWER NETWORKS

В статье рассматривается проблема заиливания существующих канализационных сетей вследствие несоблюдения принятых проектных решений. Приведен обзор различных мероприятий, позволяющих устранить заиливание, в том числе обзор специального изобретения для приема части дождевого стока в сеть хозяйственно-бытовой канализации. Также описаны достоинства и недостатки использования данного устройства. Представлено новое решение этой проблемы, основанное на изменении гидравлических характеристик русла. С его помощью можно изменить условия протекания сточных вод на заиляющихся участках существующей канализационной сети на благоприятные, не прибегая к ее частой промывке и реконструкции.

Ключевые слова: канализация, канализационная сеть, сточная жидкость, заиливание, надежность канализации.

The paper reviews the problem of sedimentation in pipes of the existing sewer networks because of non-compliance with design solutions. Different measures allowing to prevent sedimentation are described in the paper, including the special device for receiving part of the surface water flow into the sewer network. Advantages and disadvantages of using this device are also described. A new solution of this problem, based on the modification of pipe cross-section hydraulic characteristics is given. Due to this modification, conditions of the flowing of sewage in pipes of the existing sewer networks can be changed to favorable ones without resorting to frequent washing and reconstruction.

Keywords: sewer, sewer network, sewage, sedimentation, reliability of sewer.

Одним из важных требований к проектированию сетей канализации является обеспечение необходимых скоростей в трубопроводах, которые будут препятствовать образованию отложений. С уменьшением скорости происходит осаждение взвешенных веществ, что влечет за собой уменьшение свободного сечения трубопровода. С накоплением осадка в трубе уменьшается и скорость протекания сточных вод, за счет увеличения коэффициента шероховатости, а значит, ускоряется процесс заиливания трубопровода.

Снижение скоростей протекания сточных вод ниже необходимых может быть вызвано:

- несоответствием фактического расчетного расхода проектному;
- несоответствием фактического уклона проектному.

Для предупреждения заиливания сетей канализации, эксплуатационные организации должны регулярно производить проверку и, при необходимости, промывать, ремонтировать или реконструировать сети канализации.

Профилактическая прочистка канализационной сети должна производиться регулярно, минимум раз в год. Прочистка производится гидродинамическим и механическим способами.

При аварийной прочистке засорения размывают водой из городского водопровода, в случае, когда засорение не удастся устранить проволокой или гибким валом [1].

Научный интерес представляют различные мероприятия, позволяющие частично или полностью устранить процесс заиливания в существующих сетях хозяйственно-бытовой канализации.

В качестве решения данной проблемы Т. М. Мкртчян в своей диссертации предложил использовать отсутствие загруженности сети и, за счет приема части поверхностного стока, повысить скорость движения сточных вод по трубопроводу, тем самым обеспечив его промывку.

В рамках своей работы Т. М. Мкртчян разработал специальное устройство для приема поверхностного стока, которое изображено на рис. 1, а также специальную конструкцию крышки люка, изображенную на рис. 2.

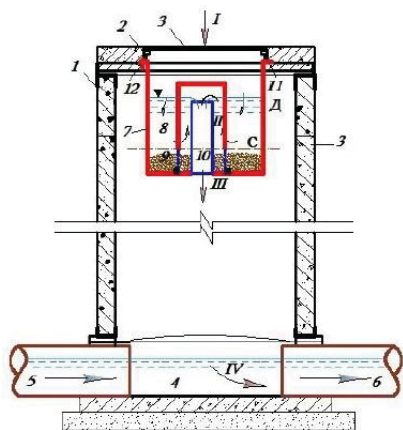


Рис. 1. Устройство для приема поверхностного стока в систему канализации:

1 – колодец на сети бытовой канализации; 2 – люк; 3 – крышка люка с перфорацией; 4 – лоток колодца; 5 – подающий трубопровод; 6 – отводящий трубопровод; 7 – водоприемный цилиндр; 8 – водоотводный цилиндр; 9 – отверстия; 10 – отводная труба; 11, 12 – крепление с герметизацией. Поток движения жидкости: I – поступление в водоприемный цилиндр; II – поступление в водоотводный цилиндр; III, IV – отведение вод. Уровни жидкости: Д – режим работы устройства, С – отсутствие поступления поверхностного стока

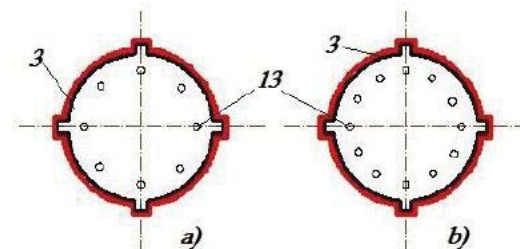


Рис. 2. Крышка люка с редкой (а) и частой (б) перфорацией: 3 – крышка люка; 13 – отверстия

Устройство работает следующим образом: через перфорированную крышку люка поверхностные сточные воды поступают в колодец, в водоприемный цилиндр. Затем, сточные воды через специальные отверстия попадают в водоотводный цилиндр, откуда через трубу изливаются в лоток колодца и отводятся вместе с хозяйственно-бытовыми стоками.

При отсутствии поступления поверхностных вод, внутри цилиндров устанавливается уровень жидкости, таким образом создавая гидрозатвор.

Количество поверхностных вод, поступающих в колодец, регулируется за счет разного количества отверстий в крышке люка [2].

Изобретение обладает следующими преимуществами:

- регулирование количества поверхностных вод, поступающих в сеть;
- наличие гидрозатвора;
- препятствие попаданию в сеть оседающих загрязнений.

Благодаря организации дополнительного притока сточных вод в сеть канализации, увеличивается скорость протекания и осуществляется промывка трубопровода.

Однако, данное устройство приема поверхностного стока обладает рядом недостатков:

- требуется регулярное обслуживание, а именно – удаление загрязнений;
- нет возможности контроля периода поступления поверхностных сточных вод в сеть, требующую промывки;
- за счет поступления дождевых вод в сеть бытовой канализации происходит разбавление, следовательно, изменяется состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения, что негативно сказывается на их работе и эффекте очистки сточных вод.

В качестве решения, которое не будет обладать вышеперечисленными недостатками, можно рассмотреть устройство полиэтиленового вкладыша на проблемном участке трубопровода. Вкладыш позволит изменить гидравлические характеристики, а именно – скорректировать форму сечения трубопровода.

На рис. 3 наглядно показаны сечения трубы при транспортировании расчетного расхода и транспортировании этой же трубой сниженного расхода с использованием различных форм вкладышей.

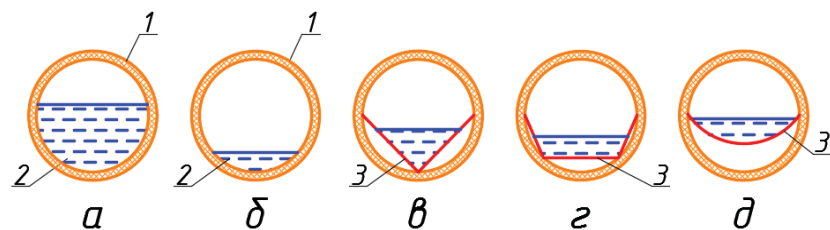


Рис. 3. Устройство вкладыша на заливаемом участке трубопровода: а – сечение трубопровода при проектном расходе; б – сечение трубопровода при сниженном расходе; в, г, д – сечения трубопровода с использованием вкладыша при сниженном расходе; 1 – трубопровод; 2 – сточные воды; 3 – полиэтиленовый вкладыш

Таким образом, можно изменить условия протекания сточных вод на заливаемых участках канализационной сети на благоприятные, не прибегая к частой промывке и реконструкции канализационной сети.

Литература

1. Прочистка канализационной сети. URL: <http://profiy.ru/prochistka-kanalizatsionnoy-seti/> (дата обращения 23.11.2018).
2. Мкртчян Т. М. Повышение безотказности сетей водоотведения в условиях снижения расходов сточных вод (на примере Республики Армения). / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ростовский государственный строительный университет. Волгоград, 2014. 138 с.

УДК 628.355

Сергей Иванович Виноградов, студент
 Анна Максимовна Телятникова,
 аспирант,
 (Санкт-Петербургский государственный
 архитектурно-строительный университет)
 E-mail: vinogradovs1974@mail.ru,
sik3000@list.ru

Sergey Ivanovich Vinogradov, student
 Anna Maksimovna Teliatnikova,
 post-graduate student
 (Saint Petersburg State University
 of Architecture and Civil Engineering)
 E-mail: vinogradovs1974@mail.ru,
sik3000@list.ru

ФИЛЬТРАЦИЯ ИЛОВОЙ СМЕСИ ИЗ АЭРОТЕНКА НА МЕМБРАНАХ

FILTRATION OF THE GRAIN MIXTURE FROM THE AEROTEN ON MEMBRANES

В статье рассмотрен вопрос актуальности применения для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод метода мембранной фильтрации, а также описаны трудности эксплуатации установок на их основе. Для изучения особенностей функционирования мембран в различных условиях предложен метод предварительного исследования их рабочих характеристик на лабораторных установках. Разработана и изготовлена лабораторная установка для изучения процесса функционирования плоских мембран. Кроме того, в работе представлены результаты проведенной серии модельных опытов (изменение давления в диапазоне от 1 до 5 м вод. ст., концентрации иловой смеси 4, 6 и 8 г/л), а также выполнен их

анализ. Оценка основных, полученных во время опыта, данных выявила соблюдение классических зависимостей между величиной трансмембранного давления, концентрацией иловой смеси и производительностью мембранного блока.

Ключевые слова: биологическая очистка, мембранный биореактор (МБР), иловая смесь, ультрафильтрационные мембраны, мембранное загрязнение.

The article discusses the relevance of the method of membrane filtration for the treatment of domestic wastewater, as well as the difficulties of operation of installations based on them. To study the features of the functioning of membranes in different conditions, a method of preliminary study of their performance in laboratory settings is proposed. A laboratory installation for studying the process of functioning of flat membranes was developed and manufactured. In addition, the paper presents the results of a series of model experiments (pressure change in the range from 1 to 5 m of water. St., the concentration of the sludge mixture 4, 6 and 8 g / l), as well as their analysis. Evaluation of the main data obtained during the experiment revealed compliance with the classical relationships between the transmembrane pressure, the concentration of the sludge mixture and the performance of the membrane unit.

Keywords: biological treatment, membrane bioreactor (MBR), sludge mixture, ultrafiltration membranes, membrane contamination.

На сегодняшний день снижение антропогенной нагрузки на водные объекты и обеспечение удаления биогенных веществ (в основном азота и фосфора) до требуемых значений Хельсинской комиссии является одной из основных задач при очистке сточных вод. Именно избыток содержания азота и фосфора, поступающих в водные объекты с неочищенными или недостаточно очищенными хозяйственно-бытовыми сточными водами, интенсифицирует рост сине-зеленых бактерий, вызывающих эвтрофикацию водоемов.

Традиционная схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод включает в себя сооружения механической (решетки, песколовки, отстойники) и биологической (азротенки, метантенки, биофильтры и др.) очистки, на которых и происходит удаление загрязняющих веществ, в том числе азота и фосфора [1]. Но к настоящему времени, учитывая насыщенность стоков и наличие в них специфических загрязнений, ухудшающих процесс очистки, подобный комплекс сооружений не всегда справляется со своей задачей, а следовательно, не достигает высоких значений Хельсинской конвенции.

Одним из наиболее перспективных методов, позволяющих достичь весьма глубокой степени очистки сточных вод, является фильтрация через мембраны. Особое внимание заслуживает использование технологии биологической очистки по средствам мембранного биореактора (МБР). Система МБР, состоит непосредственно из мембранного модуля, оборудованного микро или ультрафильтрационными мембранами (в основном половолоконными, плоскорулонными, рулонными или трубчатыми), погруженного в биореактор. Обрабатываемые сточные воды, содержащие активный ил, поступают в биореактор и циркулирует через мембранный модуль, в котором происходит селективное разделение активного ила и фильтрование сточных вод. С помощью системы аэрации активный ил поддерживается во взвешенном состоянии и не выносятся из системы МБР.

Основными преимуществами технологии МБР можно назвать:

1. уменьшение в 2-3 раза (по сравнению с традиционным сооружением, например, аэротенком) занимаемой площади, из-за высокой дозы ила в биореакторе;
2. устойчивость работы МБР к залповым поступлениям загрязнений;
3. высокий уровень автоматизации процесса очистки сточных вод;
4. увеличение производительности очистных сооружений за счет высокой концентрации активного ила в биореакторе;
5. высокая степень очистки сточных вод и как следствие гарантия соблюдения требований предельно допустимого сброса (ПДС) в водные объекты;
6. использование очищенных вод для технических нужд;
7. возможность простого и быстрого регулирования производительности очистных сооружений за счет изменения количества мембранных модулей.

Существенной проблемой в использовании и эксплуатации мембран является так называемое мембранное загрязнение. Существует много факторов, способствующих загрязнению и обрастанию мембран, связанных со свойством поверхности мембран (геометрией, площадью, материалом, конфигурацией элементов), концентрацией растворенных веществ, гидродинамическими свойствами [2]. Основными причинами мембранного загрязнения являются: адсорбция коллоидных и белков, обрастание биопленкой, оседание твердых веществ, старение мембран. Закупоривание и сужение пор происходит, когда твердые частицы попадают в поры мембраны и препятствуют прохождению пермеата. Данные процессы приводят к снижению пропускной способности мембран и увеличению требуемого трансмембранного давления (ТМД).

Все загрязнения мембранных модулей разделяются на три основные группы: обратимые, необратимые и невосстановимые [3]. Обратимые загрязнения, удаляются с поверхности мембраны или из пор физическим путем (обратной промывкой, гидродинамическим воздействием струями воды или крупнопузырчатой аэрацией). Необратимое загрязнение, удаляется с поверхности или из пор мембраны химической очисткой (щелочными или кислотными растворами), которая способна удалять солевые отложения, затвердевающие органические и неорганические примеси. Невосстановимые загрязнения невозможно удалить при помощи методов физической и химической очистки. Данный вид загрязнений накапливается в порах мембраны и обуславливает процесс ее старения, а в конечном счете и выхода из эксплуатации.

Конечно же, процесс подбора вида мембраны, параметров ее эксплуатации, способа регенерации и т.д. является весьма сложным, длительным и экономически затратным. В рамках исследования было предложено применение на начальных стадиях разработки проекта компактных лабораторных установок небольшой производительности для изучения работы мембраны в конкретных условиях и выявления наиболее эффективного режима ее работы.

На рис. 1(а) представлена схема установки по фильтрации иловой смеси через плоскорукавный мембранный элемент. Данная модель реализует хрониче-

ский опыт фильтрации (без периодической очистки и регенерации поверхности). На рис. 1(б) представлен вид выполненной в натуре модели, на которой и была проведена серия опытов.

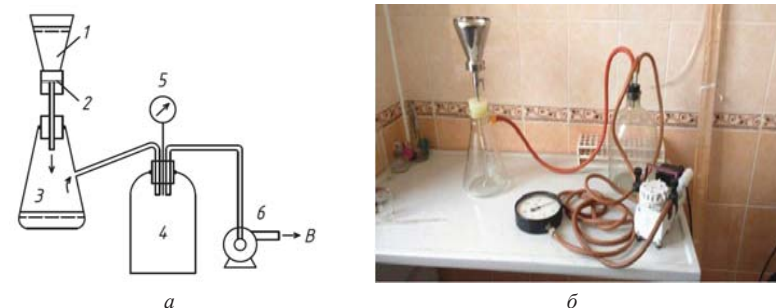


Рис. 1. (а) – схема лабораторной установки мембранной фильтрации: 1 – воронка, 2 – мембрана, 3 – сборник пермеата, 4 – ресивер, 5 – вакуумметр, 6 – вакуум-насос, В – откачка воздуха; (б) – натуральный вид установки по мембранной фильтрации

Исследования производительности мембран проводились в лаборатории, на территории канализационных очистных сооружений г. Петродворца. Пробы активного ила для опытов отбирались из нижнего канала аэротенка, концентрация иловой смеси в котором, согласно показаниям химико-биологической лаборатории очистной станции, составляла 4 г/л.

Для проведения серии опытов были взяты образцы рабочей жидкости с концентрацией иловой смеси 4, 6 и 8 г/л. Получение концентрированных проб осуществлялось методом отстаивания с последующей проверкой полученных концентраций.

Фильтрация производилась при величинах ТМД равных 1, 2, 3, 4 и 5 м вод. ст. Контроль величины ТМД осуществлялся при помощи вакуумметра. Продолжительность одного опыта составляла 35 минут. Через каждые 5 минут записывалось количество фильтрата, пропущенного через мембрану.

По количеству пермеата, продолжительности эксперимента и площади мембраны определяется производительность мембраны [4]:

$$q_s = \frac{\sum \Delta V}{\sum \Delta t \cdot S}, \text{ л/м}^2 \cdot \text{ч}$$

Полученные результаты экспериментов были сведены в серии типовых графиков для каждого образца рабочей жидкости. На рис. 2 представлена гра-

фическая зависимость величины производительности мембраны при фильтрации через нее иловой смеси концентрацией 6 г/л при величинах ТМД 1, 2, 3, 4 и 5 м вод. ст.

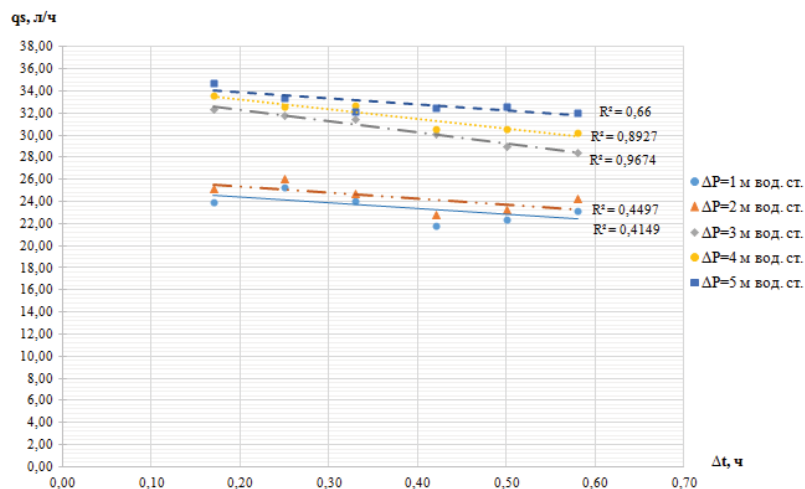


Рис. 2. График изменения q_s от Δt при $c_{\text{ак.ила}} = 6$ г/л

Как видно из графика, при увеличении трансмембранного давления увеличивается и селективная способность плоской мембраны. При этом в каждом опыте прослеживается тенденция к постепенному снижению производительности мембраны в течение 35 минут опыта. Данное явление обусловлено сопротивлением, создаваемым накопленным на поверхности мембраны осадком. Стоит отметить, что образование и уплотнение осадка на поверхности мембраны зависит не только количественного и качественного состава загрязнений, но и от прилагаемого трансмембранного давления.

На основании проведенных исследований и анализа полученных результатов стало возможным выявление наиболее рациональных режимов работы мембранного оборудования, при фильтрации иловой смеси. Конечно, рекомендуемая величина трансмембранного давления зависит непосредственно от необходимой производительности мембраны. Авторами было предложено два основных режима работы установок: в часы минимального притока (участок 1), в часы максимального притока (участок 2). На рис. 3 отображены графические зависимости средних производительностей мембраны ($q_s^{\text{сп}}$) от ТМД с выделенными на них участками рабочих зон.

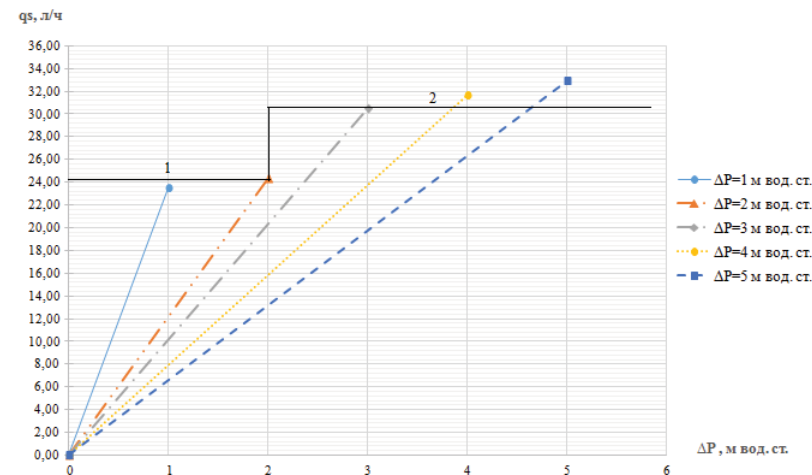


Рис. 3. График изменения $q_s^{\text{сп}}$ от ΔP при $c_{\text{ак.ила}} = 6$ г/л и выявленные режимы работы мембран

Проведенное исследование функционирования листовой мембраны на лабораторной установке позволило выявить наиболее продуктивные режимы работы установок мембранной фильтрации, разработанные серии графиков позволяют упростить процесс подбора оптимального давления в зависимости от требуемой производительности и могут быть применены для оценочных расчетов установок.

Литература

1. Зубрилов С. П., Растрыгин Н. В. Охрана вод часть 1. Очистка сточных вод: Учебное пособие. СПб.: СПГУВК, 2001. 124 с.
2. Simon Judd. The MBR book: Principles and Application of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment. ELSEVIER, 2006. 310 с.
3. Jelena Radjenovi, Marin Mato, Ivan Mijatovi, Mira Petrovi, Damià Barceló. Membrane Bioreactor (MBR). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. 101 с.
4. Мишуков Б. Г., Соловьева Е. А. Мембранные биологические реакторы для глубокой очистки сточных вод: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2017. 64 с.

УДК 628.292

Наталья Евгеньевна Иевлева, студент
Юрий Вячеславович Столбихин,
канд. техн. наук., доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ievleva.natalya@yandex.ru,
stolbikhin@bk.ru

Natalya Evgenievna Ievleva, student
Iurii Vyacheslavovich Stolbikhin,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ievleva.natalya@yandex.ru,
stolbikhin@bk.ru

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ПРИЕМНОГО РЕЗЕРВУАРА КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

TO THE QUESTION OF DETERMINING THE STORAGE VOLUME OF THE SEWERAGE PUMPING STATION WET WELL

Объем резервуара, принимающего сточные воды на канализационной насосной станции, определяет ее конструкцию и стоимость строительства. Приведен обзор рекомендаций ведущих фирм-изготовителей насосов по расчету минимально допустимого объема приемного резервуара канализационной насосной станции, таких как *Grundfos*, *Wilo*, *KSB* и *Flygt*. Каждым из указанных производителей даются свои расчетные формулы, в статье произведено их сравнение. Отражены положения российских нормативов по данному вопросу. Рассмотрены основные технологические требования, предъявляемые к резервуарам канализационных насосных станций. Представлен расчет объема резервуара для станции малой производительности по заданным формулам и по рекомендации СНиП.

Ключевые слова: приемный резервуар, число включений, подача насоса, объем резервуара, производительность насоса.

The storage volume of the sewerage pumping station wet well determines its construction and building cost. An overview of the recommendations of the pump manufacturers (*Grundfos*, *Wilo*, *KSB* and *Flygt*) to calculate the minimum storage volume of the sewerage pumping station wet well is given. Each of these manufacturers gives its own calculation formulas and the paper contains their comparison. The requirements of the Russian regulations on this issue are also given. The basic technological requirements for the tanks of sewage pumping stations are considered. The paper considers the calculation of minimum storage volume of the wet well for the station of low productivity according to the given formulas and on the recommendation of SNiP (Russian building code).

Keywords: wet well, number of starts, pump flow rate, wet well volume, pump performance.

Для обеспечения эффективного функционирования насосной установки одним из основных вопросов при проектировании канализационной насосной станции (КНС) является вопрос точности расчёта объема приемного резервуара [1]. Конструктивными и технологическими решениями насосной станции должно обеспечиваться надежное перекачивание поступающих стоков, и при этом требуется обеспечить надлежащий подвод потока к насосным установкам, а также препятствовать накоплению осадка и всплывающих веществ. Вследствие этого водоприемный резервуар должен иметь достаточный объем, создающий надлежащие, с точки зрения гидравлики, условия насосам, и в то

же время должен быть достаточно мал, чтобы препятствовать засорению насосной станции.

Предполагается рассмотреть положения СНиП 2.04.03-85 и СП 32.13330.2012, а также рекомендации фирм-изготовителей по расчету требуемого объема, который должен быть у резервуара КНС.

Объем резервуара КНС должен вмещать количество жидкости, соответствующее пяти минутам работы одного из насосных агрегатов при штатном режиме его работы (час максимального притока сточных вод на КНС), в соответствии со СНиП [2].

В СП при определении вместимости резервуара нужно учитывать такие параметры, как подача насосов, режим поступления сточных вод, предельная частота, с которой включаются электродвигатели насосных агрегатов, и условия их охлаждения (см. п. 8.2.15 [3]).

Следовательно, рабочий объем резервуара должен быть таким, чтобы насосы при различных притоках на насосную станцию не пускались больше допустимого числа включений, которое указывается в техническом паспорте насоса.

Для определения наиболее эффективного применения насосного оборудования были рассмотрены рекомендации нескольких фирм-изготовителей: *Grundfos*, *Wilo*, *KSB* и *Flygt*. Каждая из этих фирм предоставляет свою расчетную формулу объема приемного резервуара.

Для расчета эффективного объема резервуара фирма *Grundfos* предоставляет данную формулу [4]:

$$V = \frac{Q}{4 \cdot n \cdot Z},$$

где Q – производительность насоса, м³/ч; n – количество насосов; Z – максимально допустимое число запусков в час, 1/ч.

В рекомендациях *Wilo* [5] приводится расчетная формула объема приемного резервуара при работе одного насоса:

$$V = \frac{0,9 \cdot Q}{Z},$$

где Q – подача насоса, м³/ч; Z – максимально допустимое число запусков в час, 1/ч.

В случае, когда применяется несколько параллельно работающих насосов при их последовательном включении приводится таблица с формулами (табл.1).

Таблица 1

Расчет полезного объема насоса

Номер установленного насоса	Полезный объем каждого насоса
1	$V_1 = 1,0 \cdot Q_1 \cdot 0,9/S$
2	$V_2 = 0,392 \cdot Q_2 \cdot 0,9/S$
3	$V_3 = 0,264 \cdot Q_3 \cdot 0,9/S$
4	$V_4 = 0,216 \cdot Q_4 \cdot 0,9/S$
5	$V_5 = 0,188 \cdot Q_5 \cdot 0,9/S$
6	$V_6 = 0,167 \cdot Q_6 \cdot 0,9/S$
7	$V_7 = 0,152 \cdot Q_7 \cdot 0,9/S$
8	$V_8 = 0,140 \cdot Q_8 \cdot 0,9/S$

где V_n – полезный объем для насоса n , м³; Q_n – подача насоса n , л/с; S – допустимое число включений насосов.

Общий суммарный объем определяется как сумма отдельных полезных объемов каждого насоса, установленных в шахте:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Для насосов *KSB* с постоянной частотой вращения применяемые объемы камеры всасывания рассчитываются в соответствии с *ATV-DVWK-A 134*, согласно [6]:

$$V = \frac{0,9 \cdot Q_p}{Z},$$

где Q_p – подача насоса, л/с; Z – максимально допустимое число запусков в час, 1/ч.

В рекомендациях *Flygt* [7] приводится расчетная формула объема при работе одного насоса и формула, где учитывается количество насосов.

$$V_{\min} = \frac{T_{\min} \cdot Q}{4},$$

где T_{\min} – минимальное время продолжительности цикла, с; Q – подача насоса, м³/с.

$$V_{\text{tot},n} = \frac{V_{\min}}{n} + (n-1) \cdot \Delta H \cdot S,$$

где n – количество насосов; ΔH – минимальное расстояние между поплавками 0,2 – 0,3 м; S – площадь резервуара, м².

Исходя из рассмотренных выше формул можно сказать, что все они являются аналогичными друг другу, в них используются схожие параметры, такие как число включений насосов, подача насосов и их количество. При этом

расчетная формула, предлагаемая фирмой *Flygt*, является самой детализированной.

Далее задачей стало просчитать по данным формулам объем приемного резервуара для канализационной насосной станции малой производительности и сравнить эти значения между собой и с тем объемом, который требуется согласно СНиП.

Была задана производительность канализационной насосной станции $Q_{\text{н.с.}} = 300$ м³/ч и напор $H = 20$ м, принято количество рабочих насосов $n = 3$. По этим параметрам были подобраны насосы каждой фирмы-изготовителя и просчитан объем приемного резервуара, рекомендуемый изготовителем.

Расчеты сводятся в табл. 2.

Таблица 2

Результаты подбора насосов

Фирма-изготовитель	Марка насоса	Макс. число пусков в час	Макс. производительность подбранного насоса, м ³ /ч	$V_{\text{рез}}$, м ³	$V_{\text{рез}}$ по СНиП, м ³
<i>Grundfos</i>	S1.80.100.125	20	101	1,26	8,42
<i>Wilo</i>	FA 10.34-278E	15	105	2,9	8,75
<i>KSB</i>	KRTK 80-253	10	100	2,5	8,3
<i>Flygt</i>	3153/F	30	100,5	5,34	8,4

По данным, представленным в таблице 2, можно сделать следующие выводы. Даже при аналогичной составляющей каждой рекомендованной формулы значения объема в большинстве отличаются друг от друга. Также можно отметить, что в дальнейшем будет проблематична замена оборудования одного изготовителя на другого, т.к. будет наблюдаться нехватка объема для эффективной работы насосов, либо их установки в целом. Если же сравнивать полученные значения с теми, что рекомендует СНиП, то значительно снижается объем резервуара.

Литература

- Березин С.Е. Оптимальные параметры насосных станций с погружными насосами мокрой установки // Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». 2006. №3. Часть 2. С. 20–25.
- СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения (с Изменением N 1). М.: ГУП ЦПП, 1996. 91 с.
- СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М.: Минрегион России, 2012. 94 с.
- Каталог Grundfos. Профессиональное оборудование для водоотведения и канализации. URL: <https://ru.grundfos.com/> (дата обращения: 08.01.2019).
- Каталог Wilo С – Водоотведение. URL: <https://wilo.com/ru/ru/> (дата обращения: 10.01.2019).
- Рекомендации по проектированию насосных станций с погружными насосами серии Amarex KRT (KSB Ной-Хау Выпуск 7). URL: <https://www.ksb.com/ksb-ru/> (дата обращения: 10.01.2018).
- Flygt. Design recommendations for pump stations with large centrifugal wastewater pumps. URL: <https://www.xylem.com/en-us/brands/flygt> (дата обращения: 20.01.2019).

УДК 628.212.2

Виктория Алексеевна Изотова, студент
Анатолий Валентинович Кудрявцев,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: lazarevaviktoriia47@gmail.com,
argo14@mail.ru

Viktoriia Alekseevna Izotova, student
Anatolii Valentinovich Kudryavcev,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: lazarevaviktoriia47@gmail.com,
argo14@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ КИСЛЫХ ВОД ДОЖДЕВОГО СТОКА НА ТЕРРИТОРИИ ТЕРМИНАЛА ПО ПЕРЕГРУЗКЕ СЕРЫ

FORMATION OF ACIDIC WATERS OF RAINWATER FLOW IN THE TERRITORY OF THE SULFUR RELOADING TERMINAL

В данной работе рассматривается воздействие серы на дождевую воду в системе канализации терминала по перегрузке серы. Особенности сбора дождевого стока на терминалах по перегрузке сыпучих материалов и факторы, влияющие на загрязнение стока. При каких обстоятельствах сера вступает в реакцию с водой, какой процесс происходит и как меняется *pH*. Методом сканирующей электронной микроскопии изучена морфология поверхности гранулированной серы. Рассмотрен процесс окисления воды серой под воздействием ультрафиолета. Какие проблемы возникают при воздействии кислых вод на систему дождевой канализации. Также приведен анализ проб воды из контрольного колодца перед очистными сооружениями.

Ключевые слова: гранулированная и комовая сера, дождевой сток, система канализации, кислая вода, окисление, терминал по перегрузке серы.

This report discusses the effects of sulfur on rainwater in the sewage system of the sulfur transfer terminal. Features of rainwater collection at the terminals for transshipment of bulk materials and factors affecting the pollution of runoff. Under what circumstances the sulfur reacts with water, which process takes place and how the *pH*. The morphology of the surface of granular sulfur was studied by scanning electron microscopy. The process of oxidation of water by sulfur under the influence of ultraviolet is considered. What problems arise when exposed to acidic water to rainwater drainage system. The analysis of water samples from control well in front of the treatment facilities is also given.

Keywords: granulated and lump sulfur, rainwater runoff, sewage system, acidic water, oxidation, sulfur overload terminal.

Важнейшей частью благоустройства любой территории является создание системы организованного отвода дождевых и талых вод. Внимание к поверхностным водам на территории предприятий должно быть не меньше, чем к производственно-бытовым стокам.

Дождевые и талые воды на территории промышленных площадок, в значительной степени загрязнены. Большая часть загрязнений смывается с поверхности. Количественный и качественный их состав зависит от целого ряда факторов. К этим факторам относятся: географическое положение территории, продолжительность и интенсивность атмосферных осадков, их распределение по сезонам года, а также характер поверхности [1].

Очистка дождевых сточных вод представляет большую проблему в портах, где осуществляется перегрузка сыпучих материалов. Из-за больших площадей на очистные сооружения поступает огромное количество поверхностных вод, требующих очистки до показателей позволяющих сброс в рыбохозяйственные водоемы. [2, 3] При перегрузке сыпучих материалов часть их рассыпается на твердые покрытия, часть переносится на колесах автотранспортных средств, часть разносится за счет пыления и часть поступает с мойки автотранспорта. Загрязненный поверхностный сток поступает в ливневую канализацию

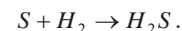
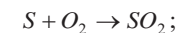
Рассмотрим данную проблему на примере терминала по перегрузке серы.

Площадь комплекса морского торгового порта, составляет 18,5 га, в том числе:

- площадь твердых покрытий – 9,04 га;
- площадь газонов – 6,2;
- площадь застройки – 3,26 га.

На очистку поступают дождевые, талые и поливомоечные со всей площади комплекса. Поверхностный сток собирается дождеприёмными колодцами и далее идет на очистные сооружения. В нашем случае в отводимый сток попадает, потерянная при перегрузке сера.

На терминале перегружают гранулированную и комовую серу, которая получается путем плавления самородной серы при температуре 125 градусов и последующим остыванием [4]. Температурное воздействие на серу приводит к изменению фазового состава, что обусловлено полиморфным превращением. Процесс такого превращения подтверждается методом рентгеновской дифрактометрии, сравнением анализов спектров образцов до и после термообработки. Проведенная сканирующая электронная микроскопия показывает, что на изучаемой поверхности частицы гранулированной серы присутствуют неравномерно рассредоточенные поры, от 20 до 30 микрон, которые могут быть своего рода «резервуарами» летучих соединений серы таких как: диоксид серы, сероводород



Отчасти окисление серы происходит из-за того, что в результате активного пылеобразования, мелкие частички серы смешиваются с дождевой водой и на эту воду воздействует солнечное ультрафиолетовое излучение.

Процесс окисления элементарной серы в результате воздействия ультрафиолетового излучения на суспензию изучали в отчете [5]. Были проведены

наблюдения за изменением pH водного раствора в зависимости от времени воздействия при длинах волн 253,7 и 366 нм в течение 28 часов. С помощью pH -метра Меттлер-Толедо (Швейцария) измеряли водородный показатель (pH) суспензии воды и изучаемого образца элементарной серы до и после облучения.

Даже после проведения предварительной тщательной промывки элементарной серы, pH раствора, содержащего серу, не превышает 4 единиц pH . Это говорит о том, что даже следовые количества диоксида серы, состоящие в форме $HS \times SO_3H$, всегда находятся во влажном образце. На рис. 1 показано, как экспоненциально снижается pH раствора облученном ультрафиолетом и в течение 28 часов облучения достигает 2,2 единиц pH . Способность ультрафиолетового облучения состоит в том, что октаэдрическая сера S_8 поглощает при $\lambda_{\max} = 253,7$ нм и превращается в бирадикал, последнее провоцирует радикальную реакцию с молекулами воды. Таким образом, тонкодисперсная серная пыль нанометрового и микронного размеров при попадании в дождевую и морскую воду, за счет ультрафиолетового облучения и микробиологического воздействия превращается в кислоту. [5]

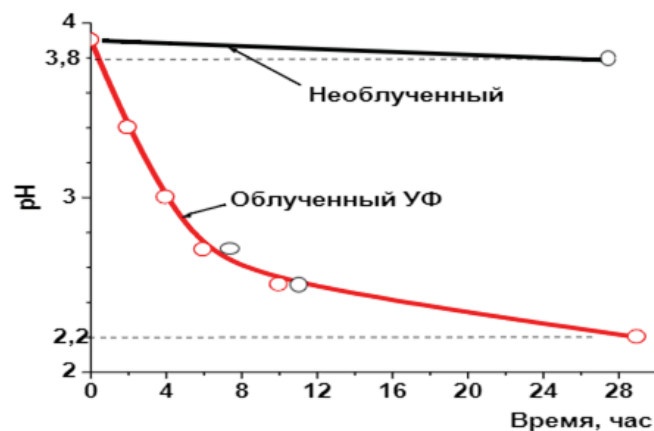


Рис. 1. Изменение водородного показателя (pH) раствора до и после ультрафиолетового облучения

Поэтому во время хранения и перегрузки серы периодическое выпадение осадков в виде дождя, сопровождаемое попаданием прямых солнечных лучей на территорию терминала, может привести к протеканию химических процессов.

Ниже приведены анализы проб в контрольном колодце перед очистными сооружениями на терминале по перегрузке серы в табл. 1.

Анализ отбора сточной воды из контрольного колодца

Показатель	Единица измерения	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
pH	–	1,82	1,88	2,92	2,18	1,86	1,86	1,7
Взвешенные вещества	мг/л	13,7	2,5	34,7	62,9	62,9	3,6	2
Сухой остаток	мг/л	2504	2270	1835	2394	3786	2372	3292
ХПК	мг/л	195	52	45,1	42	10	202	125
БПК5	мг/л	3,5	1,29	5,81	0,83	0,91	1,13	2,81
Хлориды	мг/л	522	585	383	764	1038	385	415
Сульфаты	мг/л	1775	1496	492	1079	2074	1501	2593
Сульфиды и сероводород по H_2S	мг/л	12,3	14	12,1	10,8	13,9	10,5	12,8
Азот аммонийный	мг/л	12,1	14,7	127	16,8	105	119	52
Фосфор фосфатный	мг/л	10,3	23,3	187	19,9	25,1	19	56,9
Нефтяные углеводороды	мг/л	0,08	0,17	0,28	0,04	0,02	0,07	0,02
Железо общее	мг/л	42	31	9,7	18,4	51	66	123

Как мы видим, pH сточных вод находится в пределах 1,7–3. Так как $pH < 3$ такие сточные воды считаются сильно-кислыми. Они вызывают сильную коррозию ливневой сети. Так же количество сульфатов и сульфидов характерно для вод, содержащих серу и ее соединения, которые при возможности вступают в реакцию, образуя кислоту.

В заключении можно заметить, что при производстве технической серы при ее нагревании выделяется оксид серы, который остается в микропорах на поверхности. При длительном хранении, а также процессах перегрузки, влиянии осадков и внешних факторов происходит взаимодействие частиц воды и частиц серы с образованием кислоты и следственно уменьшением pH сточных вод, что вызывает коррозию дождевой сети.

Литература

1. Лихачев Н. И., Ларин И. И., Хаскин С. А. и др. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.;
2. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.М.: ФАУ ФЦС, 2012. 69 с.
3. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: ВНИИВОДГЕО, ВНИИВО, 2015. 146 с.
4. Менковский М. А., Арнс В. Ж., Жаворонок В. И., Зыков В. А., Иванников И. А., Костырко А. С., Мельник В. Ф., Певзнер М. Е. Природная сера. М.: Химия, 1972. 240 с.
5. Заурбеков С.А., Фасхутдинов М.Ф. Открытое хранение серы на Тенгизе: отчет о НИР. Алматы, КазНТУ имени К. И. Сатпаева, 2014. 94 с.

УДК 628.3

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

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

СБОР И ОТВЕДЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОДЕПО «СЕВЕРНОЕ»

COLLECTING AND REMOVAL OF SANKT-PETERBURSKOGO SEWAGE OF THE SUBWAY ON THE EXAMPLE OF ELECTRODEPOT «SEVERNOYE»

Одной из важнейших задач современности является защита окружающей среды и, в частности, водного бассейна от загрязнения промышленных стоков. Подбор эффективной технологической схемы для очистки производственных и поверхностных стоков образующихся на территории предприятий приобретает все большую актуальность в связи с тем, что с каждым годом ужесточаются требования к качественному и количественному составу очищенных сточных вод, сбрасываемых в водный объект.

В работе рассмотрены существующие методы очистки и отведения производственных, поверхностно-дренажных сточных вод электродепо «Северное». Выявлено превышение допустимой концентрации загрязняющих веществ на выпуске сточных вод. Ввиду несоответствия качества очистки стоков, современным нормам и требованиям, предлагается модернизировать локальные очистные сооружения.

Ключевые слова: электродепо, сточные воды, загрязняющие вещества, водный объект, методы очистки.

One of the major a problem of the present is environment protection and, in particular, the water basin from pollution of industrial drains. Selection of the effective technological scheme for purification of the production and surface sewage, which is formed in the territory of the enterprises, acquires the increasing relevance because every year requirements to qualitative and quantitative composition of the purified sewage dumped in a water object become tougher.

In work, the existing methods of cleaning and removal of production, superficial and drainage sewage of Sevevernoye electrodepot are considered. Excess of admissible concentration of pollutants on the third release is revealed. In view of discrepancy of quality of cleaning of drains, to modern norms and requirements, it is offered to modernize treatment facilities on the third release.

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

Согласно основам водного законодательства, все предприятия, которые сбрасывают загрязняющие вещества в водный объект, вводятся в эксплуатацию только при наличии очистного оборудования, надежно обеспечивающего очистку сточных вод [1]. В противном случае загрязнённая вода при попадании в водный объект оказывает негативное воздействие на экологическую обстановку в водном объекте и в регионе [2].

ГУП «Петербургский метрополитен» электродепо «Северное» обеспечивает техническое исправное состояние подвижного состава, оборудования, сооружений и железнодорожных путей с целью осуществления безопасных пассажирских перевозок. Вода, потребляемая на предприятии, используется

для обеспечения производственных и хозяйственно-бытовых нужд. Водоснабжение электродепо осуществляется от коммунального городского водопровода.

Система канализации площадки раздельная: сетью отдельных трубопроводов отводятся бытовые и поверхностно-дренажные стоки. Дренажные стоки (путейский дренаж) собираются с железнодорожных путей, вдоль которых проложена дренажная сеть, соединяющаяся с сетью дождевой канализации.

Производственные стоки на предприятии образуются в результате технологических процессов и производственных операций: наружная мойка вагонов, влажная уборка салона, чистка узлов и деталей, гидравлические испытания.

Образующиеся производственные стоки поступают на локальные очистные сооружения и после очистки возвращаются в производственный процесс по системе оборотного водоснабжения.

Сброс бытовых и поверхностно-дренажных стоков осуществляется через семь выпусков: по выпуску № 1 – бытовые стоки, по выпускам № 2,3,6 – поверхностно-дренажные стоки, по выпускам № 4,5,7 – поверхностные стоки. Суммарный расход очищенных сточных вод с площадки электродепо по всем выпускам составляет – 274 м³/сут.

Схема выпусков сточных вод с площадки электродепо представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема выпусков сточных вод с площадки электродепо «Северное»

На каждом выпуске расположены блоки очистных сооружений, обеспечивающие снижение концентрации загрязняющих веществ при попадании в водоем. Сброс очищенной воды по выпускам № 2, 3, 7 осуществляется непосредственно в ручей Лесной береговыми выпусками. Очищенная вода с выпусков № 4, 5, 6 попадает в ручей посредством водоотводящей канавы [3].

Ручей Лесной относится к рыбохозяйственным водным объектам второй категории. Прибрежная защитная полоса и водоохранная зона ручья совмещены и составляют 50,0 м от береговой линии.

Ручей берет начало из родника севернее поселка Мурино и впадает с правого берега в реку Охта в 22,5 км от ее устья, далее река Охта впадает в реку Нева [4].

Талые, дождевые, поливочные и дренажные сточные воды собираются с железнодорожного полотна, кровли зданий, асфальтобетонных покрытий промышленной площадки и отводятся специальными водоотводящими устройствами – лотки, кюветы, трубопроводы, канавы.

Очистка поверхностно-дренажных вод (выпуски № 2,6) и поверхностного стока (выпуски № 4, 5, 7) основаны на физико-химических методах – отстаивание и фильтрация через слой сорбента. Загрязнения, поступающие на очистные сооружения, последовательно проходят очистку на тонкослойных и коалесцентных модулях, затем на комбинированном сорбционном фильтре.

Очистные сооружения поверхностно-дренажных вод (выпуск №3) отличаются от предыдущих. Они представляют собой подземную емкость, в которой установлен комбинированный сорбционный фильтр. Фильтр состоит из нескольких слоев сорбента *НЕС* высотой 0,7 м, сточные воды подаются снизу-вверх через две перфорированные трубы.

Бытовые сточные воды образуются на территории электродепо в прачечных, душевых, санузлах, столовых. Для их очистки предусмотрены биологические очистные сооружения (выпуск № 1) [3].

Поверхностно-дренажные и бытовые стоки предприятия, сбрасываемые в ручей, содержат в своем составе взвешенные частицы, нефтепродукты, бактериальные загрязнения и ПАВ.

При попадании в водоем они засоряют и загрязняют водную среду, нарушают стабильность водной экосистемы ручья. Из-за низкой скорости течения и постоянного объема сбрасываемых стоков на дне ручья образуются донные отложения, которые могут являться источником вторичных загрязнений и служить своеобразным «аккумулятором» вредных соединений, которые практически не разлагаются под воздействием процесса самоочищения (восстановление естественного облика водного объекта). В конечном счете это может привести к деградации прибрежных территорий и потере видового разнообразия как в ручье, так и в реках Охте и Неве [5].

В работе выявлено, что на предприятии из семи действующих выпусков, по которым производится сброс в водный объект, в выпуске № 3 наблюдается превышение концентрации загрязняющих веществ.

Скорее всего, это связано с тем, что в технологической схеме отсутствует стадия механической очистки и сорбент *НЕС* не защищен от колебаний качественного состава поступающих стоков и залповых поступлений загрязняющих веществ.

Концентрация загрязняющих веществ по выпуску № 3 представлена в табл. 1.

Концентрация загрязняющих веществ по выпуску №3

Показатель	Фактическая концентрация, мг/л	Допустимая концентрация, мг/л	Эффективность очистки, %
Взвешенные вещества	54,6	13,15	78
Нефтепродукты	3,0	0,30	67

Ввиду несоответствия качества очистки поверхностно-дренажных стоков современным нормам и требованиям, необходимо реконструировать действующие очистные сооружения по выпуску № 3 в зависимости от состава и вида нефтепродуктов присутствующих в стоках, т.к. процесс извлечения нефтепродуктов из сточных вод очень сильно зависит от вида нефтепродуктов (тяжелые или легкие) и их концентрации на каждой ступени очистки.

Предполагаемая технологическая схема очистных сооружений выглядит следующим образом. На первом этапе сточные воды предлагается подвергнуть процессу отстаивания. Для интенсификации процесса, отстойник оборудован 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 (солянка, трансмиссионные масла), пылеватые частицы и легкие нефтепродукты (бензин, керосин, эфирные масла) собираются на поверхности [6].

Освобожденный от механических примесей и большей части нефтепродуктов сток поступает на следующую ступень очистки коалесцентный модуль, предназначенный для удаления эмульгированных (коллоидных) нефтепродуктов. Коалесцентный модуль позволяет отделить частицы нефтепродуктов размером более 0,2 мм и плотностью меньше 1500 кг/м³ [7].

Для очистки от растворенных нефтепродуктов до требуемых нормативов применяется сорбционный фильтр. Емкость сорбционного материала по растворенным нефтепродуктам зависит от типа сорбента (объемов микро, супермикро, мезопор сорбента), концентрации нефтепродуктов в поступающей на фильтр воде, и вида нефтепродуктов и может колебаться от 3 до 30000 мг нефтепродуктов на 1 г сорбента.

Следовательно, чем точнее тип сорбента будет соответствовать виду и концентрации поступающих на него нефтепродуктов, тем эффективней будет как само использование сорбционных материалов, так и всей станции очистки в целом [8].

Выводы

Выявлено, что поверхностно-дренажные сточные воды по выпуску №3 расположенные на территории электродепо «Северное» не подвергаются очистке до установленных нормативов.

Предлагается реконструкция очистных сооружений по выпуску №3 поверхностно-дренажного стока (приемная камера, отстойник, коалесцентный модуль, сорбционный фильтр), которая позволит существенно уменьшить концентрацию взвешенных веществ и нефтепродуктов.

Литература

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с населенных территорий, площадок предприятий и определению выпуска его в водные объекты / ФГУП «НИИ ВОДГЕО». М.: ВСТ, 2006. 56 с.
2. 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.
3. Анализ деятельности предприятия ГУП «Петербургский Метрополитен». URL: <https://e-ecolog.ru/reestr/doc/1028942> (дата обращения: 28.12.2018).
4. Владимирова А.М. Гидрологические аспекты проектирования водоохранных зон водных объектов // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2006. № 2. С. 125–129.
5. Трудова О.Н. Библиографические факторы самоочищения водоемов и сточных вод. Ленинград: Наука. 1979. 111 с.
6. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Ассоциация строительных вузов, 2006. 704 с.
7. Будыкина, Т.А. Процессы и аппараты защиты гидросферы. М.: Академия, 2010. 288 с.
8. Ахмедова, О.О. Анализ процессов очистки сточных // Современные проблемы науки и образования. 2010. № 6. С. 50–53.

УДК 628.211

Елизавета Юрьевна Коженова, студент
Владимир Петрович Верхотуров,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ekozenova@bk.ru, wladW@mail.ru

Elizaveta Jurevna Kozhenova, student
Vladimir Petrovich Verkhouturov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ekozenova@bk.ru, wladW@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В ГОРОДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

SPECIFICITIES OF SURFACE RUNOFF REGULATING IN SAINT PETERSBURG

В статье рассмотрен вопрос отведения и регулирования поверхностного стока в условиях общесплавной системы канализации. Актуальность темы связана прежде всего с отсутствием необходимых мощностей существующих систем водоотведения, не позволяющих своевременно перемещать расчетные объемы сточных вод в периоды выпадения интенсивных дождей или активного снеготаяния. Проанализирована возможность использования подсводного пространства водоотводящих коллекторов для регулирования сточных вод перед насосными станциями, установлены достоинства и недостатки применения данного способа регулирования. Представлены схемы установки регулирующих резервуаров в системах водоотведения.

Ключевые слова: системы водоотведения, поверхностный сток, регулирование поверхностного стока, общесплавная канализация, регулирующие резервуары.

The article deals with the issue of discharge and regulation of surface runoff under the conditions of a common sewage system. The relevance of the topic is primarily related to the lack of the necessary capacities of the existing sewage systems that do not allow for timely displacement of the estimated volumes of wastewater during periods of heavy rainfall or active snowmelt. The possibility of using the underwater space of drainage collectors to control wastewater before

pumping stations is analyzed, the advantages and disadvantages of using this method of regulation are established. The schemes of installation of regulating tanks in sewage systems are presented.

Keywords: sewage systems, surface runoff, surface runoff regulating, combined sewage, regulating tanks.

Водоотведение поверхностного стока с городских территорий необходимо для создания нормальных условий жизнедеятельности во время выпадения дождей, а также на периоды интенсивного снеготаяния. Отсутствие своевременного отведения осадков затрудняет движение транспорта и создает аварийную обстановку. Накопление воды в пониженных местах может привести к подтоплению подземных переходов и подвалов зданий.

Канализация Санкт-Петербурга устроена по комбинированной системе. В районах современной застройки преобладает раздельная система водоотведения. Однако большая часть канализационных сетей (более 70%) принадлежит к общесплавной системе.

В общесплавной канализации неравномерность водоотведения характеризуется большой величиной. В сухое время сети транспортируют производственные и бытовые сточные воды, а на периоды выпадения дождей – дополнительно дождевые воды, увеличивающие общий расход воды в 20-100 раз. Для снижения расчетных расходов, размеров труб и строительных затрат необходимо предусматривать возможность регулирования поверхностного стока.

Целью работы является поиск и анализ возможных вариантов регулирования поверхностного стока с возможностью их применения в общесплавной системе канализации.

Одним из способов регулирования стока является использование подсводного пространства коллекторов. Это наиболее выгодный с экономической точки зрения вариант, не требующий строительства дополнительных сооружений или конструкций. Для анализа этого способа рассмотрим участок коллектора, расположенного на общесплавной системе канализации. Предположим, что его наполнение в сухую погоду не превышает 50% от общего объема коллектора. Это позволит использовать его свободную часть в качестве регулирующего объема.

Объем поступающих на насосную станцию сточных вод регулируется при помощи регулирующего затвора, установленного в шахте тоннельного коллектора (ТК) (рис. 1).

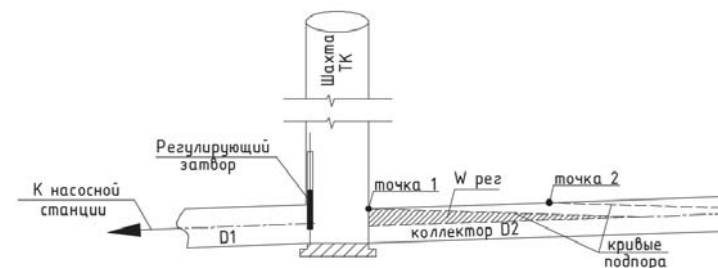


Рис. 1. Схема регулирования и образования кривых подпора.

Во время закрытия части сечения затвором перед ним будет наблюдаться подъем уровня воды. Это приведет к образованию кривой подпора равномерного движения стоков в коллекторе. При дальнейшем повышении уровня воды часть коллектора окажется полностью затопленной и начнет работать в напорном режиме, что приведет к образованию скоростей, значительно превышающих допустимые в [1]. Перемещение кривой подпора будет происходить параллельно верхней образующей трубопровода (точка 1 и точка 2).

Наиболее подходящими для регулирования стока таким способом являются участки коллекторов, имеющие большой диаметр, значительную протяженность, и малый уклон [2]. Объем шахт ТК составляет всего 5 – 10 % от общего регулирующего объема коллектора, поэтому их использование, с целью регулирования поступающего стока, малоэффективно.

Среди недостатков такого способа можно выделить образование агрессивных газов и увеличение донных отложений. Выход из равновесного состояния вызывает образование массообменных процессов, имеющих в сточной воде газов, в том числе и сероводорода. Агрессивные газы разрушают прочностные характеристики бетона, что со временем приведет к быстрому износу коллектора.

Также необходимо отметить, что количество выпадающего на дно трубопровода осадка напрямую зависит от степени его наполнения. Чем выше наполнение, тем большее количество донных отложений образуется. Донные отложения снижают пропускную способность трубопровода и способствуют увеличению скорости разрушения труб коррозией.

Ввиду большой загруженности общесплавной сети водоотведения в Санкт-Петербурге рассмотренный способ не всегда возможно применить. На участках с большим наполнением следует предусмотреть другие способы регулирования стока. Одним из таких способов является установка регулирующих резервуаров на коллекторах большой протяженности. Выбор схемы регулирования обусловлен многими факторами [3, 4]. Основные схемы подключения регулирующих резервуаров и их описание представлены в табл. 1

Таблица 1

Устройство регулирующих резервуаров в водоотводящей сети

№	Принципиальная схема	Описание
1		При таком расположении резервуара весь расход дождевых вод подводится к резервуару по трубе большого диаметра с одновременным отводом через трубу малого диаметра.
2		На подводящем коллекторе устанавливается разделительная камера (ПК), через которую часть поверхностного стока отводится в регулирующий резервуар. Опорожнение происходит при помощи насосов (НС).

Окончание табл. 1

3		Отлична от схемы №2 лишь тем, что опорожнение трубопровода осуществляется самотеком по трубе малого диаметра.
---	--	---

В условиях общесплавной канализации, где расход сточных вод во время выпадения дождей значительно увеличивается, наиболее подходящим является регулирование стока по схеме №1. Такая схема позволяет эффективно регулировать поступающий сток, накапливая избыток в резервуаре. Она предотвращает залповый сброс на очистные сооружения, а также снижает вероятность переполнения коллекторов во время интенсивного снеготаяния или выпадения дождей.

Основным преимуществом данной схемы является отсутствие затрат на перекачку сточных вод и обслуживание насосной станции. Правильная конструкция резервуаров минимизирует возможность отложения осадка на дне резервуара.

В заключении можно сказать, что применение подсводного пространства трубопроводов является экономически эффективным, но не всегда возможным вариантом поскольку объем регулирования ограничен и чаще всего не является достаточным. Наиболее эффективным вариантом регулирования стока на общесплавной системе канализации является комбинированный вариант с использованием подсводного пространства коллектора и установкой регуливающего резервуара.

Литература

- СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 М.: Министерство регионального развития РФ, 2012. 94 с.
- Васильев В. М., Верхотуров В. П., Ильина О. М. Регулирование работы канализационных насосных станций на тоннельных коллекторах глубокого заложения // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Наука и инновации в современном строительстве – 2007». 2007. №4 (13). С. 186 – 190.
- Алексеев М. И., Курганов А. М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: учебное пособие. М.: АСВ, 2000. 352 с.
- Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. 88 с.

УДК 628.12

Анна Сергеевна Колованова, студент
Святослав Викторович Федоров,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ANITA9595.9595@mail.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru

Anna Sergeevna Kolovanova, student
Svyatoslav Victorovich Fedorov,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ANITA9595.9595@mail.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ И СЕТИ С ПОМОЩЬЮ DYNAMO (REVIT)

MODELING OF JOINT OPERATION OF PUMPING STATION AND NETWORK BY DYNAMO (REVIT)

Применение информационного моделирования зданий (*BIM*) становится все более популярным и необходимым в течение последних лет. *BIM* позволяет ускорить процесс проектирования, а также позволяет обмениваться данными через различные платформы.

Цель данной статьи заключается в том, чтобы интегрировать методику инженерного расчета в процесс автоматизированного проектирования насосной станции в программном пакете *Autodesk Revit*. Методика представляет собой стандартный гидравлический расчет трубопроводной обвязки насосной станции и напорных и всасывающих трубопроводов. Процесс внедрения предполагается осуществлять с помощью приложения *Dynamo*. Расчет позволит осуществлять построение графика совместной работы насосной станции и сети в процессе проектирования трубопроводной обвязки.

Ключевые слова: насосная станция, *Dynamo*, *Revit*, *BIM*, автоматизация, гидравлический расчет, насос.

Use of Building Information Modeling (*BIM*) has been becoming more popular and essential during the past years. *BIM* helps to accelerate the design process and also helps to share data with the platforms.

The paper under consideration is intended to describe the integration of engineering calculation method into the process of automatic design of pumping station in *Autodesk Revit* software. Method represents a standard hydraulic calculation of the pumping station pipeline and pressure and suction lines. The implementation process is supposed to be carried through in *Dynamo* software. Calculation will allow to graphing of joint operation of pumping station and network while pipeline is being designed.

Keywords: pumping station, *Dynamo*, *Revit*, *BIM*, automation, hydraulic calculation, pump.

Для оценки эффективности работы насосной станции с учетом подбранного насосного оборудования, назначенных диаметров всасывающей и напорной линий необходимо выполнять расчет совместной работы насосной станции и сети. Расчет является достаточно трудоемким, поскольку включает в себя подробное уточнение потерь напора во всех местных сопротивлениях трубопроводной обвязки и участках труб. Важно отметить, что процесс про-

ектирования характеризуется постоянным редактированием и уточнением инженерных решений с целью получения наиболее оптимальной технологии работы сооружения. Поэтому специалисту достаточно часто приходится менять конфигурацию и диаметр трубопроводов, местоположения и тип арматуры, насосное оборудование и т.д. Подобная специфика вызывает необходимость постоянно производить перерасчет системы, который выполняется вручную или в других программных пакетах системы автоматизированного проектирования (*САПР*), например, в *Excel*, что может приводить к возникновению ошибок в расчетах при переносе данных.

В результате проектирования осуществляется изменение проектных решений в связи с новыми исходными данными, вариантностью насосных агрегатов и других факторов. Все эти обстоятельства приводят к изменению гидравлического расчета, влияют на конечный результат.

На практике изменение проектных решений является результатом следующих факторов:

- исходных данных (корректировка или изменение рабочих характеристик насоса);
- изменений технических и архитектурных решений;
- уточнений требований заказчика.

Следовательно, для оптимизации процесса проектирования насосных станций актуальным направлением является создание информационной среды, позволяющей совместить процесс проектной визуализации и инженерного расчета. Такой подход позволит одновременно оценивать принятые инженерные решения с гидравлической точки зрения, не прибегая к трудоемким расчетам.

Подобной средой может служить пакет *Autodesk Revit*, работающий на основе технологии *BIM* и содержащий возможности для проектирования архитектурных элементов, инженерных систем и строительных конструкций [1]. Программа применяется для создания геометрии, которая содержит реальные данные, поэтому и используется термин «информационное моделирование зданий», т.е. *BIM*. *Autodesk Revit* позволяет моделировать компоненты зданий, проводить анализ и моделирование систем [2]. Это программное обеспечение также позволяет рисовать в трехмерном виде, что является наиболее эффективной демонстрацией проектного замысла заказчику [1].

Для интеграции существующей методики расчета насосной станции [3] в *Autodesk Revit* предлагается использовать приложение *Dynamo*. *Dynamo* представляет собой интерфейс графического программирования, позволяющий адаптировать рабочий процесс касательно информации о проектируемом объекте. С помощью этой программы можно создавать задачи для автоматизирования повторяющихся процессов и их упрощения в *Autodesk Revit* [4].

Для решения поставленной задачи будет создана трубопроводная обвязка насосной станции с помощью программы *Autodesk Revit*. Элементы обвязки насосной станции – тройники, отводы, задвижки, обратные клапана –

будут представлены в программе в качестве вложенных семейств. Участки труб в насосной станции будут выполняться с помощью системных семейств трубопроводов. Чтобы реализовать правильное построение модели необходимо включить в указанные семейства специальные параметры. Часть параметров необходима для придания «гидравлического смысла» каждому элементу обвязки (диаметр, длина, коэффициент местного сопротивления, гидравлический уклон и т.д.) и передачи исходных данных в расчет *Dynamo*. Другая часть параметров предназначена для вывода результатов расчета в проектируемую модель. Например, расчет потерь напора в каждом фитинге трубопроводной обвязки или получение характеристик рабочей точки в семействе насоса и т.д. С целью автоматизации процесса расчета будет разработан алгоритм в *Dynamo*. Расчет инженерных зависимостей будет произведен с помощью языка программирования *Python*.

Алгоритм в *Dynamo* – это файл, состоящий из совокупности специальных узлов (*Nod*), связанных друг с другом по определенным правилам и выполняющих одну или несколько операций. В свою очередь, *Nod* – это блок скрипта, представляющий некоторую часть программного кода. В нодах будут прописаны элементы и параметры трубопроводной обвязки, которые будут взяты из модели *Autodesk Revit*. Ноды будут связывать семейства из *Autodesk Revit* с формулами. Помимо нодов также применяется язык программирования – *Python*, который может быть использован для программирования расчетных зависимостей.

Другими словами, гидравлический расчет насосной станции будет внедрен в *Dynamo* с привязкой к интерфейсу *Autodesk Revit*. При прорисовке, например, задвижки в *Autodesk Revit*, программа будет отображать ее не только с графической точки зрения, но и как элемент гидравлического расчета. Расчет гидравлики будет своевременно выполняться, сопутствуя вносимым изменениям.

Суммируя вышеперечисленное, ход решения поставленной задачи будет следующим:

- создание инженерной трубопроводной обвязки насосной станции в программе *Autodesk Revit*;
- задание всех необходимых для дальнейших расчетов параметров оборудования и арматуры;
- выбор расчетного пути (в качестве такого будет выбран самый неблагоприятный путь движения жидкости);
- работа скрипта в *Dynamo*;
- конечный результат работы – построение графика совместной работы насоса и сети, оценка эффективности работы, вычисления потерь напора в трубопроводной обвязке.

Наглядная последовательность работы приведена на рис. 1.

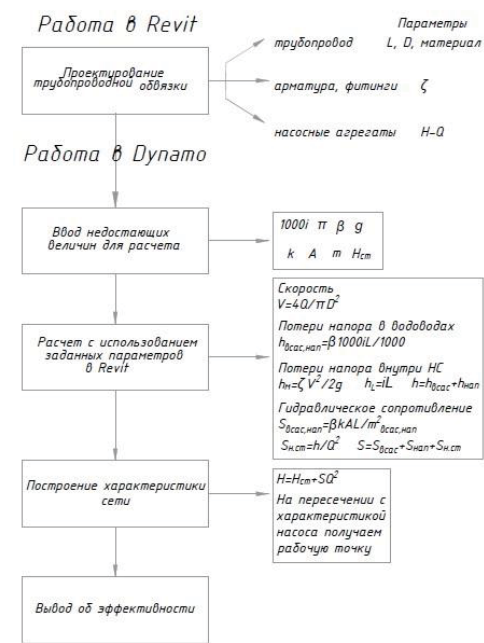


Рис. 1. Схема последовательности расчета

Предварительные гидравлические расчеты, рассчитанные вручную, больше не понадобятся, так как программа позволит наиболее точно получать гидравлическую картину, а также производить анализ построенных данных.

Актуальность данной темы состоит в том, что на данный момент программа информационного моделирования зданий (*BIM*) не обладает необходимым набором функций для расчетов и проектирования элементов зданий и сооружений по существующим нормативам. На сегодняшний день наблюдается непрерывный процесс адаптации пакета к российским нормам. Можно отметить следующие интересные работы, связанные с расчетом канализационных сетей [5], а также воздухообмена в помещениях [6].

Насосные станции занимают значимое место в системах подачи и отведения воды, поэтому развитие современных подходов к их проектированию позволит существенно повысить качество дальнейшей эксплуатации.

Литература

1. Revit. ПО на основе технологии BIM. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.ru/products/revit/overview> (дата обращения: 22.01.2019).
2. Revit или AutoCAD. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.ru/solutions/revit-vs-autocad> (дата обращения 22.01.2019).
3. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. М.: ФАУ ФЦС, 2012. 139 с.

4. Dynamo. Продукты Revit 2019. Autodesk Knowledge Network. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products/learn-ex-plore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/RUS/Revit-Customize/files/GUID-F45641B0-830B-4FF8-A75C-693846E3513B-html.html> (дата обращения 22.01.2019).

5. Dynamo. Revit. Расчет канализации по СНиП 2.04.01-85*. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=OG90t-678b4> (дата обращения: 08.01.2019).

6. Зоткина И. А., Игнатова Е. В. Автоматизация расчета воздухообмена в помещениях на основе данных информационной модели здания // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9. С. 73-78.

УДК 628.21

Полина Михайловна Парфенова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: polya_955@bk.ru

Polina Michailovna Parfenova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: polya_955@bk.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЕСКОЛОВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДАЛЕНИЯ ПЕСКА

MODERNIZATION OF SAND SEPARATOR FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF REMOVING

В работе рассмотрены вопросы модернизации песколовки для улучшения удаления механических примесей на локальных очистных сооружениях очистки дождевых сточных вод. Песколовка содержит корпус, технические колодцы обслуживания, погружной насос перекачивания сырого осадка, датчики песка, наклонные перегородки и лоток для сбора очищенной от механических примесей воды. На напорных патрубках насоса перекачивания сырого осадка установлены обратный клапан и клиновые задвижки.

Технический результат будет состоять в повышении степени и эффективности очистки на первой стадии очистки дождевых стоков от механических примесей за счет модернизации конструкции стандартного пескоотделителя.

Ключевые слова: песколовка, пескоотделитель, дождевая канализация, насосное оборудование, взвешенные вещества.

The paper deals with the modernization of a sand trap to improve the removal of mechanical impurities at local wastewater treatment plants. The sand trap contains a hull, technical maintenance wells, a screw pump for pumping raw sludge, sand sensors, inclined partitions and a tray for collecting purified water from mechanical impurities. On the discharge, nozzles of the pump pumping raw sludge check valve and wedge valves are installed.

The technical result will be to increase the degree and efficiency of cleaning in the first stage of cleaning rainwater from mechanical impurities by upgrading the design of a standard sand separator.

Keywords: sand trap, sand separator, rainwater drainage, pumping equipment, suspended substances.

В двадцать первом веке широкое применение нашли блочные очистные сооружения дождевых, хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. Они бывают подземного и наземного типа. Чаще всего многие компании

по производству блочных очистных сооружений используют одинаковые конструкции пескоотделителей, так как чем сложнее конструкция, тем выше стоимость установки.

Одним из самых надежных материалов, из которых изготавливаются блочно-модульные очистные сооружения является стеклопластик. Будем рассматривать стеклопластиковый пескоотделитель одной из Российских компаний.

В задачу пескоотделителя входит осаждение песка и отстаивание нерастворенных фракций. Продолжительность отстаивания сточных вод t в пескоотделителях принимается в зависимости от объекта применения (табл. 1).

Таблица 1

Продолжительность отстаивания сточных вод в зависимости от условий работы

Условия работы сооружения	Продолжительность отстаивания сточных вод в мин., t
Очистка поверхностного стока	5–10
Очистка производственных сточных вод автозаправочных станций, автомастерских, автостоянок, постов ручной мойки, промывных сточных вод от промывки деталей автомобилей	10–20
Очистка сточных вод от мойки грузовиков, строительных машин, автомоек с моечными автоматами и щетками, обмыв загрязненных поверхностей нефтебаз	20–30
Очистка сточных вод, содержащих моющие средства, с применением коагулянтов	30–60

Для очистки поверхностного стока принимаем продолжительность отстаивания: $t = 10$ мин.;

Согласно расчету указаниям, подбору локальных очистных сооружений «Wavin-Labko», для очистки нефте- и жиросодержащих сточных вод, требуемый объем песколовки – 55 м³ [1].

Конструкция пескоотделителя, который будет подвержен модернизации представляет собой цилиндрическую горизонтальную емкость, оборудованную техническими колодцами и лестницей для обслуживания (рис. 1). Осадок периодически откачивается ассенизаторской машиной.

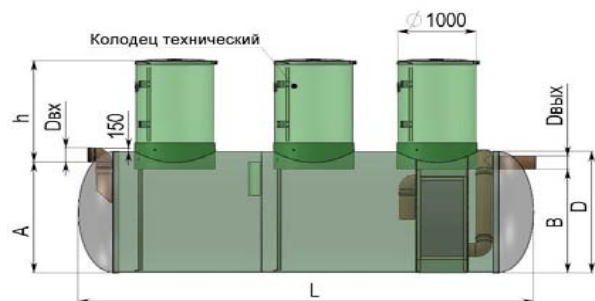


Рис. 1. Стеклопластиковый пескоотделитель

Чтобы увеличить эффективность осаждения и минимизировать затраты на вызов ассенизаторской машины предлагается изменить конструктив стандартного пескоотделителя (рис. 1) на новый (рис. 2).

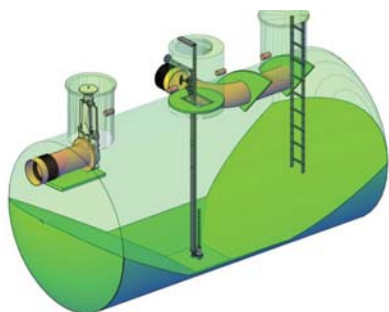


Рис. 2. Модернизированный стеклопластиковый пескоотделитель

Благодаря установленным наклонным перегородкам на боковых стенках корпуса песколовки, будет происходить скопление осадка в центре сооружения. Перегородки позволят предотвратить образование застойных зон, где может происходить заиливание осадка. Чтобы перегородки могли выдержать нагрузку поступающих стоков, внутри перегородок будут установлены ребра жесткости. Для удовлетворительного сползания песка, угол наклона стенок приемка к горизонту должен быть не менее 60 градусов [2, 3].

Для удаления осадка в центре приемка на дне песколовки устанавливается погружной насос со взмучивающей головкой (рис. 3), что позволит песку не переуплотняться при длительном нахождении в приемке [4]. С помощью технического колодца можно делать визуальный осмотр насоса и запорной арматуры и поднимать его для ремонта в случае неисправности.

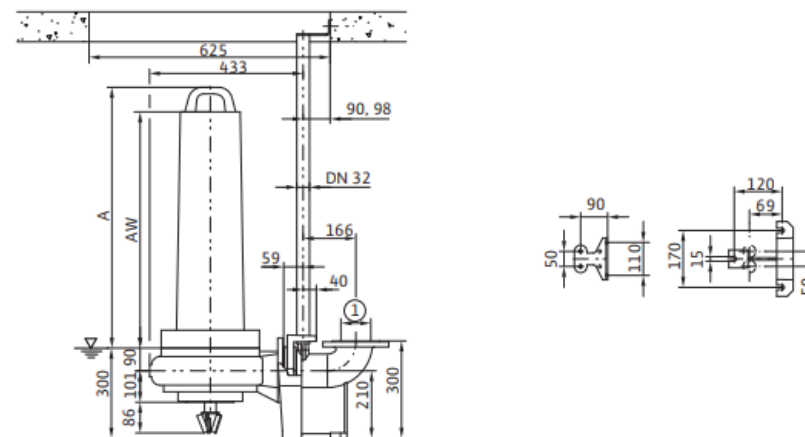


Рис. 3. Насос Wilo FA 08.52WR, погружной со взмучивающей головкой

Также рассматривается вариант установки сороудерживающей корзины, для задержания крупного мусора с целью предотвращения засорения насоса и возможности установки лотка для сбора очищенных от механических загрязнений дождевых вод.

Исследуя рынок пескоотделителей Российского производства были сделаны выводы, что почти все производители блочного исполнения делают пескоотделители одинаковой конструкции, соответственно сталкиваются с одинаковыми проблемами: удаление осадка из сооружений механической очистки, срок службы, соблюдение скорости прохождения жидкости в песколовке и эффективность очистных сооружений. При модернизации песколовки будут произведены расчеты эффективности отстаивания и экономические расчеты, на основе которых будут сделаны выводы какая модель позволит лучше производить механическую очистку дождевых сточных вод.

Литература

1. «Временные указания по применению, подбору и оценке эффективности работы локальных очистных сооружений “Wavin-Labko” для очистки нефте- и жиросодержащих сточных вод». Финляндия. Labkotie 1, FIN – 36240 Kangasala, 2006 г. 64 с.
2. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.13330.2012–85. М.: ООО «Аналитик», 2012. 86 с.
3. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1996 г. С. 33-34.
4. Жмур Н. С. «Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками». М.: АКВАРОС, 2003 г. С. 20-45.

УДК 628.2

Виктор Сергеевич Пушкин, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: 89214443983@mail.ru

Pushkin Viktor Sergeevitch, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: 89214443983@mail.ru

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ УЗЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТА РАСХОДА И ОБЪЕМА СТОЧНОЙ ВОДЫ

RECOMMENDATIONS ON THE ORGANIZATION OF THE NODES OF THE MEASURING AND RECORDING WASTE WATER FLOW AND VOLUME

Приказом от 29 ноября 2007 г. №311 «Порядок учёта объёма забора водных ресурсов из водных объектов и объёмов сброса сточных вод и дренажных вод, их качества собственниками водных объектов и водопользователями» закреплена обязанность водопользователей осуществлять учет объемов сбрасываемых сточных вод, причем учет должен осуществляться, как правило, на основе измерений.

Постановление Правительства РФ от 29 июля 2013 г. № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения» предписывает Абонентам предприятий ЖКХ, расчетный объем водоотведения которых по всем канализационным выпускам (для транзитных организаций по канализационной сети) с учетом расчетного объема поступающих в канализационную сеть поверхностных сточных вод составляет более 200 куб. метров в сутки, а также, если Абонент использует собственные источники водоснабжения, не оборудованные приборами учета воды, в обязательном порядке установку узлов учета сточной воды (далее УУ СВ).

Ключевые слова: канализационная сеть, более 200 куб. метров в сутки, обязанность осуществлять учет сточных вод.

The order of November 29, 2007 №311 "order of accounting of volume of water resources intake from water bodies and volumes of sewage and drainage water discharge, their quality by owners of water bodies and water users" establishes the obligation of water users to carry out accounting of volumes of discharged wastewater, and accounting should be carried out, as a rule, on the basis of measurements.

Decree of the government of the Russian Federation of July 29, 2013 № 644 "on approval of the Rules of cold water supply and sanitation" prescribes Subscribers of utilities, the estimated volume of water disposal for all sewage releases (for transit organizations - on the sewer network), taking into account the estimated volume of incoming sewage network surface wastewater is more than 200 cubic meters per day, as well as if the Subscriber uses its own sources of water supply, not equipped with water meters, mandatory installation of metering units.

Keywords: Sewerage network, more than 200 cubic meters per day, the obligation to account for wastewater

Согласно Постановлению Правительства РФ от 4 сентября 2013 г. № 776 «Об утверждении Правил организации коммерческого учета воды, сточных вод» УУ СВ должен отвечать требованиям по точности, диапазону измерений и уровню погрешности. Диапазон измерений должен определяться с учётом максимального и минимального расхода сточных вод.

Требование ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» по точности измерений – не более $\pm 5\%$ во всем диапазоне измерений, что, с учетом преобладающего общесплавного типа канализации в г. Санкт-Петербурге, сложно выполнить [1].

Обобщая опыт проектирования и эксплуатации УУ СВ, можно сделать следующие выводы:

1. При возможности выбора установки УУ СВ между напорными и безнапорными потоками предпочтение следует отдавать напорным трубопроводам.

2. При возможности выбора установки УУ СВ на очищенных или неочищенных сточных водах предпочтение следует отдавать возможности установки УУ на очищенных сточных водах.

3. Перед проектированием и установкой УУ СВ необходимо проведение достаточного серьёзного обследования предполагаемого места установки, включая длительные (до 7-ми суток) оперативные измерения, которые необходимо проводить подготовленным, опытным персоналом [2].

Приоритет использования УУ СВ на базе электромагнитных или ультразвуковых расходомеров (Взлет *MP*, *PM-5*, Питерфлюу, *Siemens* и т.д.) обоснован тем, что:

– для измерений и учета используются известные и удобные в эксплуатации средства измерений, обладающие всей полнотой измерительной информации и архивами измерений (месячные, суточные, часовые, минутные архивы);

– отсутствие необходимости установки в потоке измерительных элементов;

– широкий диапазон измеряемых расходов с достаточно высокой точностью по сравнению с другими методами измерений.

Ввиду того, что работа общесплавной канализации характеризуется большим динамическим диапазоном измерений, не представляется возможным «классический» способ учета воды в безнапорном трубопроводе, т. е. установку одного прибора учёта, который не сможет перекрыть с точностью $\pm 5\%$ весь диапазон измерений.

Существуют два пути решения сложившейся проблемы [3, 4]:

1. Строительство КНС, при этом учёт стоков осуществляется по напорному трубопроводу. Из недостатков стоит отметить высокую стоимость затрат на строительство и эксплуатацию сооружения.

2. Устройство УУ СВ с применением двух счетчиков.

Описание и чертёж УУ (рис. 1 и рис. 2).

УУ сточных вод устанавливается в колодец с углублением для установки расходомеров. Выбор расходомеров большого и малого диаметров определяется следующими положениями:

Диаметр расходомера малого диаметра определяется исходя из необходимости обеспечить метрологически достоверные значения нижнего диапазона измерений, а также проведения регламентной чистки. Например, при Ду 80 мм нижняя граница измерений будет составлять всего $0,16 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расходомер большого диаметра выбирается максимально возможным, чтобы минимизировать вносимое гидравлическое сопротивление в систему водоотведения.

Наибольший расход сточных вод определяется из договора с ГУП «Водоканал СПб». Кроме того, должно выполняться соотношение: нижний предел

измерения расходомера большого диаметра должен быть ниже расхода через расходомер малого диаметра в момент переключения вычислителя.

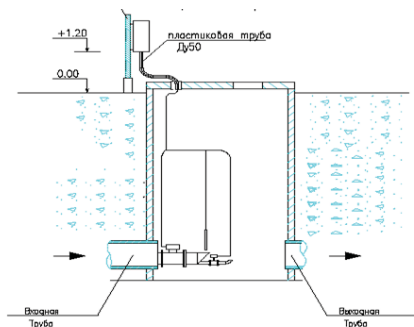


Рис. 1. Разрез узла учета сточных вод

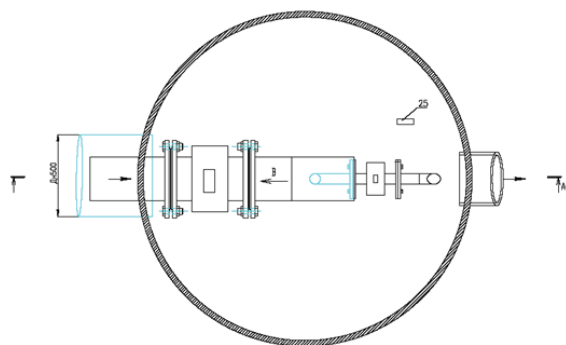


Рис. 2. План узла учета сточных вод

Литература

1. Кармазинов Ф. В., Ушаков Н. П., Наумов В. С. и др. Измерение расхода и количества воды в ГП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Водоснабжение и сан. техника. 1996. № 4. С. 33 – 41.
2. Графова Н. В., Лупей А. Г. О проблеме водных небалансов на источниках теплоты и способе ее преодоления // Коммерческий учет энергоносителей: Материалы конф. 21–23 апреля 1998 г, 1998. С. 42 – 45.
3. Гумен С. Г., Безденежных А. Г., Зайцев А. П. и др. Основные подходы к организации водоучета и особенности измерений расхода воды в системе коммунального водоснабжения Санкт-Петербурга // Тр. Междунар. научно-техн. конф. «Совершенствование средств измерений расхода жидкости, газа и пара». 1996.
4. Тюрин Н. И. Введение в метрологию. – М.: Изд-во стандартов, 1973. 280 с.

УДК 628.24

Марина Валентиновна Разумова, студент
Владимир Петрович Верхотуров,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: marina.razumova.19@yandex.ru,
wladw@mail.ru

Razumova Marina Valentinovna, student
Verkhoturov Vladimir Petrovich,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: marina.razumova.19@yandex.ru,
wladw@mail.ru

ОЦЕНКА РИСКОВ АВАРИИ НА ТОННЕЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ВСЛЕДСТВИЕ ИЗНОСА ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

RISK ASSESSMENT OF ACCIDENT ON TUNNEL COLLECTORS OWING TO WEAR OF THEIR STRUCTURAL ELEMENTS

Большинство тоннельных коллекторов в Санкт –Петербурге эксплуатируются более 35 лет, и имеют значительный износ. Одной из основных причин быстрого разрушения участков тоннельных коллекторов является газовая коррозия, которая действует на верхний свод бетонной рубашки тоннельного коллектора. В случае несвоевременного выполнения восстановительных работ возможны нарушения целостности участка коллектора, что приведет к аварийной ситуации и возникновению связанных с ней рисков. При обрушении части тоннельного коллектора возможно изменение геомассива в зоне коллектора и образование призмы обрушения, из-за которой могут произойти разрушения зданий и существующих коммуникаций.

Ключевые слова: тоннельный коллектор, газовая коррозия, призма обрушения, аварийность, тубинги, бетонная рубашка коллектора.

Most of the tunnel collectors in St. Petersburg have been in operation for more than 40 years and have significant wear and tear. One of the main reasons for the rapid destruction of sections of tunnel collectors is gas corrosion, which acts on the upper vault of the concrete jacket of a tunnel collector. In case of untimely recovery works, the integrity of the collector site may be compromised, leading to an emergency and the risks associated with it. When a part of the tunnel collector collapses, it is possible to change the geo-massif in the collector zone and the formation of a collapse prism, due to which building destruction and existing communications can occur.

Keywords: tunnel collector, gas corrosion, collapse prism, accident rate, tubings, concrete shirt of the collector.

Целью исследования являлось выявление возможных рисков при износе конструктивных элементов тоннельных коллекторов. Для этого в программе *Plaxis* [1] была создана модель участка тоннельного коллектора. Прототипом для создаваемой модели явился участок коллектора, проложенный вдоль Гапсальской улицы. Геологические данные по состоянию грунтов, были приняты по данным изысканий, выполненных для коллектора – прототипа [2]. Основные размеры моделируемого тоннельного коллектора были приняты на основании данных [3], и представлены на рисунке (рис. 1).

Техническая характеристика моделируемого участка коллектора:

- внутренний диаметр – 4,7 м;
- глубина заложения – до 42 м;

- крепь: железобетонные тубинги, железобетонная рубашка, штукатурный слой;
- срок эксплуатации – более 35 лет.

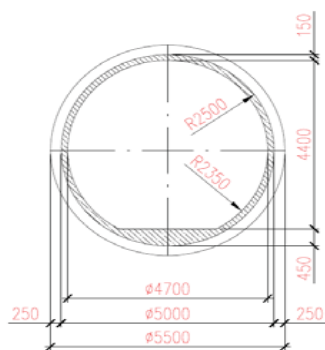
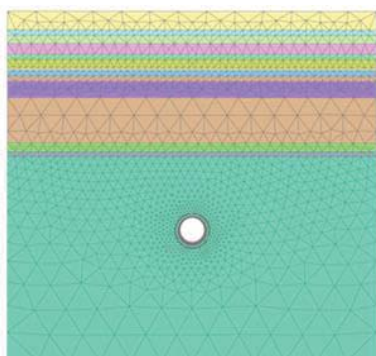


Рис. 1. Основные размеры моделируемого коллектора

Моделирование нагрузок на коллектор проводилось в две фазы.

Фаза 1 – модель тоннельного коллектора с существующими дефектами от газовой коррозии, при которых тоннельный коллектор эксплуатируется в настоящее время (эксплуатационная стадия, представлена на рис. 2). На текущий момент в тоннельном коллекторе в сводовой части имеются локальные разрушения внутренней обделки тоннеля, то есть видна арматурная сетка и тубинги. Коррозия торкретного слоя стен и свода распространяется на всю глубину. Так как рубашка не является несущим элементом для упрощения в расчёте моделировалось полное отсутствие железобетонной рубашки. Давление грунтов полностью воспринимает тубинговая крепь.



Название грунта по слоям
ИГЭ-2 – пески пылеватые
ИГЭ-3 – пески мелкие
ИГЭ-4 – пески средней крупности
ИГЭ-5 – супеси пылеватые
ИГЭ-6 – суглинок мягкопластичный
ИГЭ-7 – суглинок тугопластичный
ИГЭ-8 – суглинок мягкопластичный
ИГЭ-9 – супеси пылеватые
ИГЭ-9а – пески гравелистые
ИГЭ-11 – суглинок тугопластичный
ИГЭ-12 – суглинок пылеватый полутвёрдый
ИГЭ-13 – глина твёрдая

Рис. 2. Модель тоннельного коллектора в геомассиве

Согласно выполненным расчетам, прочность конструкции обеспечивается. Известно, что тоннель разрушается при превышении сжимающих напряжений прочности бетона В30 тубингов, на 1-ой стадии расчёта $\sigma'_{c,max1} = -26,4 \text{ МПа} < \sigma_c = -40 \text{ МПа}$.

Растягивающие напряжения превышают предел прочности бетона В30 на растяжение, $\sigma'_{c,max1} = 6 \text{ МПа} > \sigma_p = 2 \text{ МПа}$. Данные напряжения воспринимает арматура тубингов, установленная в растянутой зоне сечения (рис. 3) [4].

σ_c и σ_p – пределы прочности бетона тубинговой крепи на одноосное сжатие и растяжение, МПа. Данные значения должны определяться согласно обследованиям эксплуатируемого тоннеля. Так как в обследованиях значения прочности не представлены в расчёты были приняты величины, соответствующие классу бетона В30 на период времени нарастания прочности бетона в условиях повышенной влажности около 3-х лет.

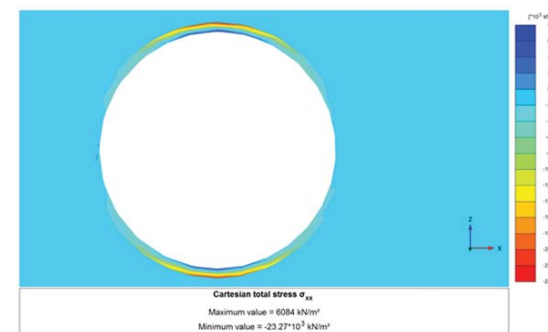


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние тоннельного коллектора по оси z в нормальном эксплуатационном состоянии

Деформации в грунте при текущем состоянии тоннельного коллектора составляют всего 0,026 м (рис. 4).

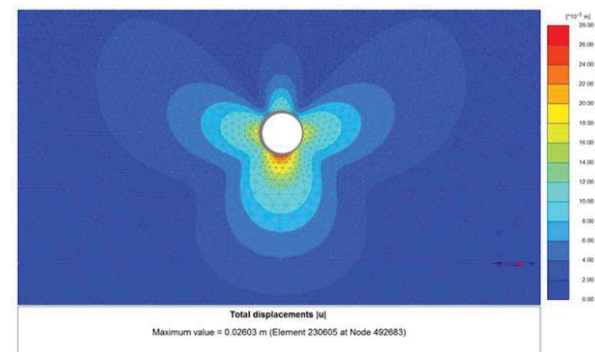


Рис. 4. Общие деформации в грунте

Разрушение тоннеля на первой стадии не происходит, так как бетонная рубашка коллектора не является несущей конструкцией, нагрузки воспринимают тубинги и стальная арматура [5, 6].

Фаза 2 – моделирует аварийное состояние тоннельного коллектора с обрушением одного из тубингов.

При длительной эксплуатации без ремонта газовая коррозия может привести к частичному обрушению тубинга, находящийся за бетонной рубашкой и внутрь тоннельного коллектора может происходить поступление грунта (рис. 5).

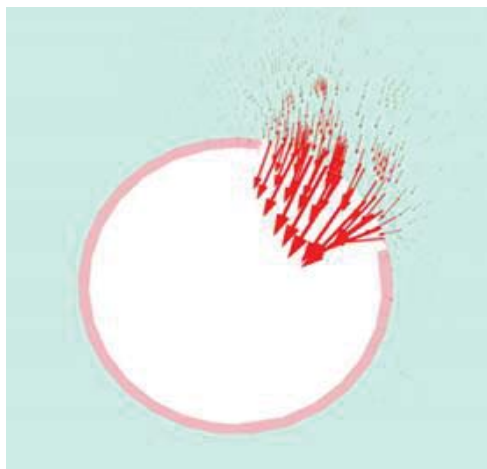


Рис. 5. Общие деформации по выпавшему тубингу

При внутреннем диаметре коллектора 4,7 м на глубине заложения 40 м с учетом геологического строения грунта в тоннель поступит до $V = 9 \text{ м}^3$ грунтовой породы (рис. 6). Вследствие большой глубины заложения коллектора, связанности коренных пород, при таком объеме поступления грунта формирование призмы обрушения происходить не будет. Призма обрушения – это неустойчивая часть массива уступа со стороны его откоса, заключенная между рабочим и устойчивым углами откоса уступа. Понятие призмы обрушения используется при расчётах откосов, устойчивых к обрушению и для предотвращения оползней.

Однако напряженно деформированное состояние в соседних тубингах изменится и под дальнейшим действием газовой коррозии может наступить «эффект домино», когда вслед за одним тубингом проваливаются соседние тубинги вследствие ослабления всей конструкции. Во избежание «эффекта домино» нужно своевременно ликвидировать аварию или проводить плановый ремонт с устройством дублеров коллекторов.

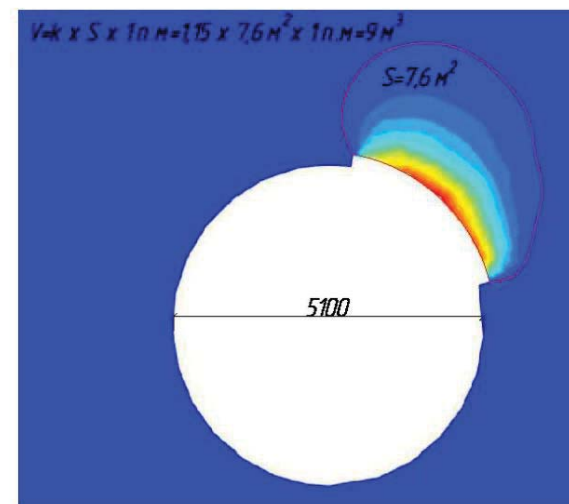


Рис. 6. Объем нарушенной породы, поступающей в тоннельный коллектор

На 2-й стадии расчета, сжимающие напряжения в соседних тубингах будут уменьшаться $\sigma'_c_{max2} = -37 \text{ МПа}$, при дальнейшей газовой коррозии они могут достигнуть $\sigma'_c = -40 \text{ МПа}$. В бетоне тубингов происходит увеличение и рост микротрещин, что может привести к достаточно быстрому разрушению. Растягивающие напряжения превышают предел прочности бетона В30 растяжению, $\sigma'_c_{max2} = 8 \text{ МПа} > \sigma'_p = 2 \text{ МПа}$. Данные напряжения воспринимает арматура тубингов, установленная в растянутой зоне сечения (рис. 7).

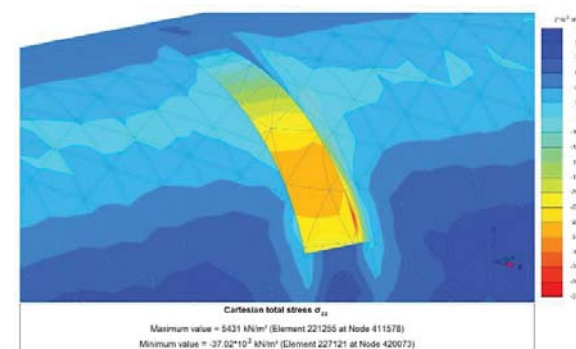


Рис. 7а. Напряженно – деформированное состояние по оси z, в соседних с выпавшим тубингах

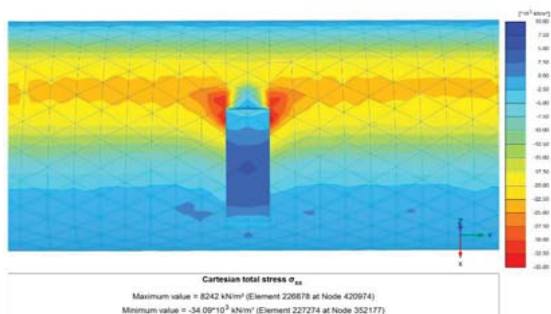


Рис. 7б. Напряженно – деформированное состояние по оси x , в соседних с выпавшим тубингах

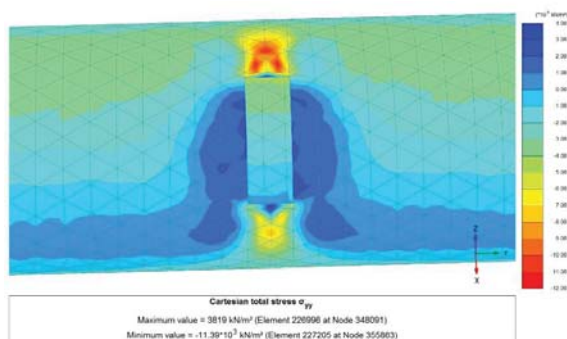


Рис. 7в. Напряженно – деформированное состояние по оси y , в соседних с выпавшим тубингах

Заключение

При обрушении одного из тубингов тоннельного коллектора формирование призмы обрушения не произойдет благодаря перемещению в коллектор ограниченного объема грунта. Однако снижение сжимающих напряжений в соседних тубингах может привести к потере их несущей способности и последовательному обрушению. В этом случае в тоннельный коллектор будет поступать гораздо больший объем грунта, что с учетом перемещения его потоком сточной жидкостью может привести к формированию призмы обрушения и разуплотнению грунта на всю глубину заложения коллектора. Исследование по перемещению грунта в тоннельном коллекторе требует дополнительных исследований с построением динамической модели и планируется выполнить в дальнейшем.

Литература

1. Plaxis TV. URL: https://www.youtube.com/channel/UCSQ0V_Qh5VdfQioyIS2QRSg (дата обращения: 15.01.2018);
2. Иженерно-геологические изыскания. Том 1.2. Реконструкция ТКК к о. Белый от шахты № 43 (ул. Гапсальская, д.3) до шахты № 446 (о. Белый). ООО «Струйные технологии и строительство», 2014;
3. Тоннельный канализационный коллектор от Гапсальской улицы до ГНС ЦСА. Экспресс расчет матрицы оценки рисков. Водоканал Санкт-Петербург, 2013;
4. Русаков В. Е. Обоснование конструктивных параметров сборных обделок транспортных тоннелей и метрополитенов из сталефибробетона. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, научно-исследовательский институт транспортного строительства (ОАО ЦНИИС), Москва, 2010;
5. СП 248.1325800.2016. Сооружения подземные. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2016. 112 с;
6. СП 23.13330. 2011 – «Основания гидротехнических сооружений» Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85 М.: Министерство регионального развития РФ, 2011. 115 с.

УДК 628.292

Александр Борисович Семенов, студент
Светлана Юрьевна Игнатчик,
д-р. техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: watchmens@mail.ru, ign@yandex.ru

Alexandr Borisovich Semenov, student
Ignatchik Svetlana Yurievna,
Dr. of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: watchmens@mail.ru, ign@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

FEATURES OF HYDRAULIC MODES OF SEWAGE PUMPING STATION

В канализационных насосных станциях при включении и выключении насосов возможно появление гидравлического удара. Во многих случаях его последствия является самой сильной нагрузкой на трубопровод, в результате чего может произойти его поломка. Гидравлический удар приводит также к появлению вакуума в трубопроводе. Обобщение исследований и разработок по защите трубопроводов гидросистем от гидродинамических нагрузок показывает, что выполненные ранее исследования не учитывали комплексного характера воздействия. Установлено, что даже протекающие раздельно во времени гидродинамические процессы могут влиять на функционирование системы, вызывая преждевременный выход из строя узлов и оборудования в результате которых в определённый момент времени может выйти из строя вся система.

Ключевые слова: трубопроводная система, гидравлический удар, защита от гидроудара.

In sewage pumping stations, when the pumps are turned on and off, a hydraulic shock may occur. In many cases, the hydraulic shock is the strongest load on the pipeline, which may result in its failure. Hydraulic shock also leads to the appearance of vacuum in the pipeline. A synthesis of research and development for the protection of piping systems from hydrodynamic loads indicates the earlier studies did not take into account the complex nature of the impact. It is established that even hydrodynamic processes occurring separately in time can affect the functioning of the system, causing premature failure of components and equipment as a result of which at a certain time the entire system can fail.

Keywords: pipeline system, hydraulic shock, protection against hydraulic fluid.

При эксплуатации канализационных насосных станций включение и выключение насосных агрегатов, открытие и закрытие задвижек, срабатывание обратных клапанов на напорных коммуникациях (рис. 1) вызывают колебания скорости движения жидкости в трубопроводах, в результате чего происходят резкие скачки давления и возникают гидравлические удары [1 – 14]. Это может привести к аварийной ситуации на трубопроводах и в сооружениях. Результаты выполненных исследований [13] показывают, что одной из причин гидравлического удара является внезапное выключение электропитания насосных агрегатов (рис. 2).

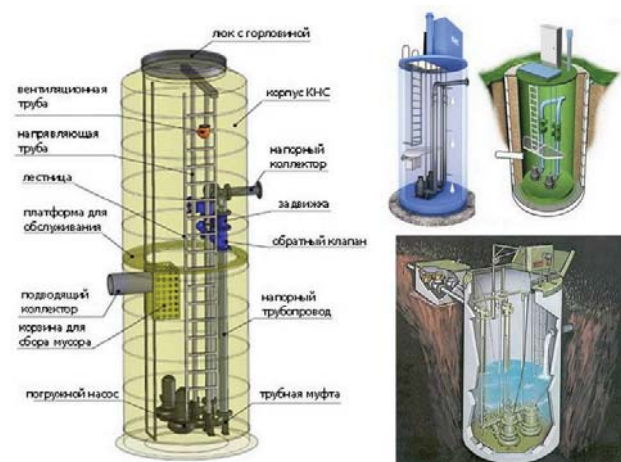


Рис. 1. Устройство погружной канализационной насосной станции

Возникновение гидравлического удара в напорных трубопроводах можно объяснить следующим образом. При резком снижении скорости движения потока воды, а также в случае полного прекращения его движения кинетическая энергия потока переходит в потенциальную в результате чего резко возрастает давление в системе, что и может послужить причиной гидравлического удара с возможным последующим разрывом трубопровода и арматуры [1, 2, 10].

Значение изменения давления при гидравлическом ударе колеблется во времени, так как избыточное давление, вызванное ударом, создает импульс к обратному движению жидкости в трубе. Гидравлический удар приводит также к созданию вакуума, что можно обнаружить только при возникновении шума в трубопроводе.

Одним из самых опасных случаев гидравлического удара является нестационарный процесс, сопровождающийся разрывом сплошности потока [8].

Как правило, отрыв столба жидкости в горизонтальных трубопроводах происходит в основном у регулируемого органа (задвижки, клапана). Для трубопроводов, имеющих сложный продольный профиль, основными местами возможного образования разрывов сплошности потока будут также и точки перелома профиля магистрали [7]. В практических условиях колебание величины давления постепенно затухает, что обусловлено наличием различных сопротивлений.

Возможность возникновения гидравлического удара зависит от давления в системе (чем выше изначальное давление в системе, тем, соответственно, выше вероятность возникновения гидравлического удара), от заполненности напорного трубопровода и от величины подачи на момент выключения насоса. Также на величину гидравлического удара в канализационных насосных станциях влияют содержание нерастворенных газов в сточной жидкости, концентрация и упругость примесей, скорость распространения волны гидравлического удара в сточной жидкости может существенно отличаться от той же величины, определенной для чистой воды [1, 9].

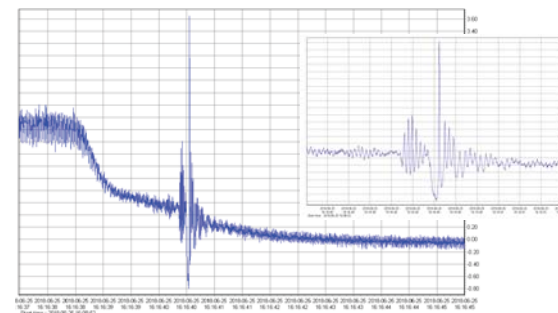


Рис. 2. Возникновение гидравлического удара при аварийной остановке одного из насосов на канализационной насосной станции

Известно, что повышение уровня защиты трубопроводных систем от возникновения гидравлического удара может достигаться за счет прочности (надежности) оборудования; предотвращения причин, вызывающих возникновение нестационарных гидродинамических процессов (гидравлический удар) [13]; снижения амплитуды повышения давления с помощью защитных устройств, а также за счет оптимального конструирования систем с учётом закономерностей протекания нестационарных гидродинамических процессов [3, 5, 10].

Наиболее эффективным средством обеспечения стойкости систем при воздействии гидроудара является установка в них защитных устройств, снижающих гидродинамическое давление.

Установлено, что защитные устройства, применяемые для гашения гидравлического удара, не могут в полной мере обеспечить снижение нагрузок при воздействии нестационарных гидродинамических процессов [14]. С уче-

том особенностей гидродинамических процессов специалистами предлагаются комплекс эффективных устройств и мероприятий для гашения гидравлических ударов [6, 4, 10, 14].

Проведённые исследования показывают, что защита гидросистем возможна несколькими путями. К их числу можно отнести:

1. Установку в системах труб и оборудования, способных выдержать гидродинамические перегрузки при нестационарных процессах.

2. Предотвращение причин, вызывающих возникновение нестационарных процессов в жидкости (или снижение по возможности, параметров гидроудара):

- а) увеличение времени регулирования процессов [13] (рис. 3);
- б) увеличение надёжности систем и предотвращение самопроизвольного выключения насосов;
- в) уменьшение начальных скоростей движения жидкости;
- г) установка разобщающих клапанов для впуска и защемления воздуха;

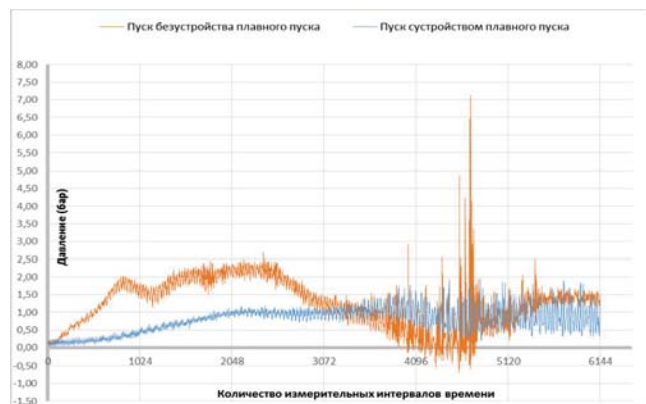


Рис. 3. Возникновение гидравлического удара при включении и выключении устройства плавного пуска насосного агрегата канализационной насосной станции

3. Уменьшение амплитуды изменения гидродинамического давления в системах (трубопроводах) путём установки в них специальных защитных устройств, а также за счет оптимального конструирования систем с учетом закономерностей воздействия.

4. Увеличение прочности оборудования и элементов гидросистем. Это само по себе является сложной самостоятельной задачей, не получившей практического применения в настоящее время. Поэтому увеличение прочности оборудования для восприятия максимальных нагрузок является не во всех случаях рациональным решением проблемы.

Однако, даже в случае внесения рекомендуемых изменений в режимы работы канализационных насосных станций, полностью предотвратить воз-

никновение нестационарных процессов в системах, в повседневной эксплуатации, по-видимому невозможно.

Следовательно, установка в системах защитных устройств, разработка мероприятий для гашения (снижения) гидроудара является необходимым условием обеспечения наиболее надежного режима функционирования напорных трубопроводных систем.

Литература

1. Дикаревский В. С. Гидравлический удар и противоударная защита напорных водопроводов. дис. на соиск. степ. д-ра техн. наук. Л.: ЛИИЖТ, 1972. 31 с.
2. Жуковский Н. Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах // Труды IV Русского водопроводного съезда. Одесса, 1901. (С. 102 – 107.)
3. Игнатчик, С. Ю. Энергосбережение и обеспечение надёжности при реконструкции канализационных насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 12. С. 37-43.
4. Игнатчик, С. Ю., Саркисов С. В. Диагностика состояния насосного оборудования на насосных станциях Санкт-Петербурга // Доклады 63-й конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов СПбГАСУ. 2006. С. 3–5.
5. Игнатчик С. Ю. Обеспечение надёжности и энергосбережения при расчёте сооружений для транспортирования сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 8. С. 56 – 62.
6. Кармазинов Ф. В., Мельник Е. А., Пробирский М. Д., Панкова Г. А., Михайлов Д. М., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю. Техническое обследование насосных станций системы водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2013, № 1. С. 21 – 26.
7. Лямаев Б. Ф., Меньшиков С. А. Влияние высотного продольного профиля водопроводов на гидравлический удар при больших статических напорах // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. 1986. № 6. С. 93 – 96.
8. Лямаев Б. Ф. Расчёт гидравлического удара в трубопроводе с учётом разрыва сплошности // Материалы XXVI научно-техн. конференции ВИСИ. 1971. С. 195 – 196.
9. Лямаев Б. Ф., Нелюбов В. А. Влияние нерастворимых газов на процесс гидравлического удара, сопровождающегося разрывом сплошности потока // Труды института легированых металлов. 1978. № 10. С. 31 – 47.
10. 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.
11. Сурин А. А. Гидравлический удар в водопроводах и борьба с ним. М.: Трансжелдориздат, 1946. 371 с.
12. Хатковский Е. М. Гидравлический удар в трубопроводах с вязкой жидкостью при произвольном законе закрытия затвора // Труды координационных совещаний по гидротехнике, 1972 г. Вып. 1975. С 186 – 193.
13. Саркисов С. В., Гринев А. П., Винокуров П. А. Исследование гидроудара в напорных трубопроводах на объектах МОРФ // Научные проблемы материально-технического обеспечения вооруженных сил Российской Федерации. Сборник научных трудов ВА МТО. 2018. № 3 (9). С. 204 – 212.
14. Саркисов С. В., Гринев А. П., Винокуров П. В. Исследование работы насосов при перекачке сточных вод на объектах военной инфраструктуры // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. 2018. № 1 (7). С. 289 – 301.

УДК 628.3

Евгения Владимировна Троицкая, студент
Алексей Петрович Авсюкевич,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: troitsckaya2011@yandex.ru,
ecoprom@ecoprom.ru

Evgeniya Vladimirovna Troitskaya, student
Alexei Petrovich Avsyukevich,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: troitsckaya2011@yandex.ru,
ecoprom@ecoprom.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕМБРАННЫХ БИОРЕАКТОРОВ

RECONSTRUCTION OF TREATMENT FACILITIES USING MEMBRANE BIOREACTORS

В данной работе рассмотрены вопросы по реконструкция существующих канализационных очистных сооружений пос. «Молодежное» и внедрению новых технологий мембранных биореакторов. Описано состояние данных очистных сооружений до начала выполнения ремонтных работ. Проанализированы главные преимущества конструкций (строение мембранного волокна и мембранного модуля) и особенностей устройства мембранных биореакторов перед традиционными очистными сооружениями. Так же произведен анализ по химическим показателям очистки сточной воды на традиционных очистных сооружениях и на очистных сооружениях с мембранными биореакторами. Поиск отечественных компаний, специализируемых на производстве мембранных биореакторов.

Ключевые слова: очистные сооружения, КОС «Молодежное», мембранный биореактор, мембранное волокно, мембранный модуль, сточная вода.

In this paper, the issues of reconstruction of existing sewage treatment facilities in the village «Youth» and the introduction of new technologies - membrane bioreactors. The condition of these treatment facilities before the beginning of repair works is described. The main advantages of structures (structure of membrane fiber and membrane module) and features of membrane bioreactors over traditional treatment facilities are analyzed. Also, the analysis of chemical parameters of wastewater treatment at traditional treatment plants and treatment facilities with membrane bioreactors. A list of domestic companies specialized in the production of membrane bioreactors is provided.

Keywords: treatment facilities, KOS "Youth", membrane bioreactor, membrane fiber, membrane module, waste water.

В связи с перспективным развитием инфраструктуры пос. Молодежный, изменением схемы канализования, а также неудовлетворительным состоянием существующих очистных сооружений (далее ОС), (разрушены, не выполняют свои функции), возникла необходимость реконструкции ОС с увеличением производительности, и внедрением новых методов и технологий, как в биологических процессах, так и в строительных решениях [1].

Задачей настоящего проекта является разработка ОС с увеличением производительности, прием сточных вод на полное развитие в объёме 2,5 тыс. м³/сут. Так же в связи с тем, что вода после ОС, поступает в Финский залив, степень очистки сточной воды должна соответствовать. СанПиН

2.1.5.98000.2.1.5. «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.200) [1].

В рамках реконструкции КОС «Молодежное» рассматривается несколько вопросов: строительства новых блоков, строительство ОС закрытого типа и оснащенных современными приборами очистки от «дурнопахнущих» газов. Кроме этого, будут применены новые технологические решения для очистки сточных вод, а именно, мембранные биореакторы [1].

Мембранных биореакторов, это оптимальное решение, для очистки сточных вод в условиях не стабильных факторов (полезность использования канализационной системой, колебание температур стока и т.д.) [2, с. 199].

Очистка поселковых вод состоит из следующих этапов:

1) механическая очистка – удаление отходов, частиц минерального происхождения (песка), крупных нерастворенных примесей и взвешенных веществ.

2) биохимическая очистка – снижение содержания растворенных веществ, осуществляемое биологически активным сообществом микроорганизмов в биореакторе, с последующим вводом при необходимости реагентов и отделением смеси активного ила и сточных вод 3) обеззараживание очищенных СВ на установках ультрафиолетового обеззараживания [2, с. 199].

Мембранные установки входят в состав блока очистных сооружений и размещаются в бетонных прямоугольных резервуарах (фильтрационных камера) блокированных между собой [3].

Биологически очищенная вода откачивается через ультрафильтрационные мембраны насосом для фильтрата и подается на УФО. В процессе работы мембранные установки непрерывно вращаются и их поверхность по сегментно очищаются воздухом [3].

В ходе штатного режима эксплуатации цикл фильтрации состоит из периодов фильтрации и паузы (т.н. «релаксация» мембран) [3].

Во время эксплуатации в зависимости от содержащихся в стоках загрязнений периодически требуется химическая очистка мембран, которая проводится непосредственно в фильтрационной камере. Для химической чистки используют лимонную кислоту.

Мембранный биореактор состоит из мембранного модуля, в состав которого входят 10-20 кассет с мембранами (рис. 1) [4, с. 86].

В свою очередь кассеты выполнены из мембранных волокон, в кассете может быть от 5 до 15 таких пучковых волокон. Волокно мембраны - это полая внутри нить, $D = 2$ мм и $L = 2$ м. Поверхность нити выполнена из ультрафильтрационной мембраны с порами, размер которых колеблется от 0,03 – 0,1 мкм (рис. 2). Через такие поры не могут проходить микроорганизмы [4, с. 86; 5, с. 210].



Рис. 1. Мембранная установка

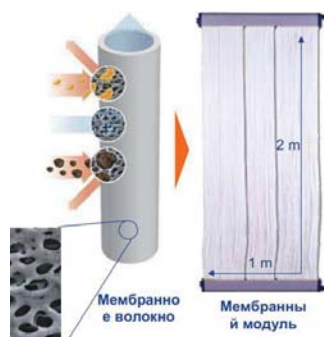


Рис. 2. Мембранное волокно

И так, выделим главные преимущества мембранных биореакторов.

1. ОС с мембранными биореакторами более компактные, из-за отсутствия ряда блоков очистки, в связи с чем требуется меньшая площадь для застройки.
 2. При использовании мембранных биореакторов не происходит вымывание микроорганизмов.
 3. Осуществляется круглогодичный процесс нитрификации.
 4. Процессы очистки сточной воды на мембранных фильтрах полностью автоматизированы.
 5. Возможность использования для очистки смешанных сточных вод.
 6. Стоимость не превышает стоимость традиционных очистных сооружений [6, с. 240]
 7. Качество очистки сточной воды, после мембранных биореакторов по химическим показателям в несколько раз выше, чем качество очистки воды после традиционных ОС (табл. 1).
- Мембранные биореакторы зарубежного производства являются очень дорогостоящими, в связи с чем в России было налажено отечественное производство мембранных биореакторов, качество которых не уступает зарубежным аналогам [1].

Таблица 1

Данные по очистке сточной воды до применения мембранных фильтров и после

№	Показатель	Разм.	Концентрация загрязнений					
			До очистки	В камере выпуска	ПДК [8,59]	Фоновая в Финском заливе	В контрольном створе	ПДК [7,58]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Взвешенные вещества	г/м ³	130	3,0	Фон +0,75	21,2	21,2	Фон +0,25
2	БПК _{полн}	г/м ³	188	3,0	5,36	4,82	4,82	3,0
3	ХПК	г/м ³	200	30	30	38,3	38,3	30
4	Азот аммонийный	г/м ³	16,7	0,39	1,5	0,080	0,080	0,4
5	Азот нитратный	г/м ³	–	5,5	10,2	0,02	0,02	9,0
6	Азот общий	г/м ³	25	8,0	Min 30%	0,611	0,611	–
7	Фосфор фосфатов	г/м ³	2,5	0,2	1,14	0,021	0,021	0,2
8	Фосфор общий	г/м ³	4,0	0,5	1,0	0,042	0,042	–

Литература

1. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» инфо URL: http://www.vodokanal.spb.ru/presscentr/news/vodokanal_postroit_v_pos_molodezhnoe_novye_kanalizatsionnye_ochistnye_sooruzheniya/ (дата обращения 04.02.2019).
2. Воронов. Ю. В., Алексеев Е. В., Саломеев В. П., Пугачев Е. А. Водоотведение. М.: ИНФРА-М, 2007. 416 с.
3. Очистные сооружения на основе мембранных биореакторов: URL: http://www.agrovodcom.ru/smz_los_mbr.php/ (дата обращения 06.02.2019).
4. Кагасов. В. М., Дербышев Е. К. Очистка сточных вод с помощью мембранных биореакторов. Екатеринбург: Полиграфист, 2003. 189 с.
5. Judd S., Judd C. The MBR book: principles and applications of membrane bioreactors in water and wastewater treatment Amsterdam: Elsevier. 2007. 210 с.
6. Мацнев А. И. Процессы и аппараты биотехнической очистки сточных вод. М.: Университет машиностроения, 2014. 244 с.

СЕКЦИЯ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

УДК 696.2

Вероника Вячеславовна Баранова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: veronika.baranova@yandex.ru

Veronika Vyacheslavovna Baranova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: veronika.baranova@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ

INCREASE IN EFFECTIVE MANAGEMENT OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS IN MUNICIPAL UNITS

Главной целью разработки и реализации системы управления газовыми сетями является обеспечение работоспособности и безопасности сетей на всех стадиях жизненного цикла, охрана окружающей среды с учетом технических и экономических требований.

При отсутствии единой системы управления последует снижение надежности газораспределительных сетей и низкая скорость развития газификации населенных пунктов.

В статье рассмотрены причины создания комплексной системы управления газораспределительными сетями. Также предложены варианты повышения эффективности управления газовыми сетями на территории муниципальных образований и сельских поселений.

Ключевые слова: система управления, газораспределительные сети, надежность, безопасность, муниципальные образования, газификация.

The main purpose of the development and implementation of the gas network management system is to ensure the efficiency and safety of networks at all stages of the life cycle, environmental protection, taking into account technical and economic requirements.

In the absence of a unified management system, the reliability of gas distribution networks and the low rate of development of gasification of settlements will be reduced.

The article considers the reasons of creation of the complex control system of gas distribution networks. There are also proposed options for improving the management of gas networks management in the territory of municipalities and rural settlements.

Keywords: management system, gas distribution networks, reliability, safety, municipal formations, gasification.

Управление газовым хозяйством муниципального образования является одной из самых сложных задач, требующих взаимодействия большого количества служб.

Основная задача в работе служб газовой отрасли состоит в том, что они пользуются большим количеством информации об объектах и газовых сетях.

В данном случае обработка информации занимает большое количество времени и трудовых затрат. Для повышения эффективности управления газовыми сетями необходимо создать полную и удобную для восприятия и оценки картину их текущего состояния, особенностей их функционирования и возможностей развития.

Использование современных геоинформационных технологий позволит сократить влияние человеческого фактора и времени реагирования на внештатные ситуации, увеличить производительность труда и качество выполнения работ.

С помощью геоинформационных систем можно создавать различные карты в географических проекциях, включая карты и схемы газовых сетей с привязкой координатами, проводить анализ графических и табличных данных на основании актуальной информации о газовой сети.

Моделирование газовых сетей с помощью геоинформационных систем позволит определять фактические расходы газа на участках газопроводов, нарушение режима работы потребителей, давление во всех узловых точках, резерв пропускной способности газовой сети, позволит упростить решение многих задач, таких как гидравлический расчет при проектировании новых сетей и реконструкции существующих, позволит производить учет и прогнозирование аварийных ситуаций [1].

На территории Псковской области в муниципальных образованиях, таких как Островский, Порховский, Невельский, Великолукский районы, активно внедряются геоинформационные технологии для моделирования газовых сетей существующих и перспективных. Первоочередное внимание на данный момент уделяется поселковым газораспределительным сетям. Производится мониторинг технического состояния газопроводов, их перегруженность, так как за время эксплуатации нагрузка значительно возросла вследствие подключения новых абонентов. Далее осуществляется моделирование газовой сети с помощью геоинформационных систем и решение задач по реконструкции.

В конечном счете, использование геоинформационных систем для совершенствования управления газовыми сетями позволяет:

- организовать единую информационную базу и единое координатное пространство;
- обеспечить одновременный доступ большого количества людей различных служб к одним и тем же данным;
- проводить мониторинг технического состояния газопровода;
- повысить скорость сбора и внесения данных по потребителям, линейным участкам газопроводов;
- повысить скорость, качество и эффективность принятия решений при аварийных ситуациях;
- обеспечивать аварийно-диспетчерское обслуживание сетей газораспределения;
- обеспечить централизованное хранение базы данных;
- организовать контроль и управление режимами сетей газораспределения.

Создание предприятиями газовой отрасли единого геоинформационного пространства позволяет существенным образом повысить организованность и управляемость сетями газораспределения.

Литература

1. Функциональные требования к географическим информационным системам сетей газораспределения [Текст]: СТО Газпром газораспределение 2.1 – 2011. – Санкт-Петербург: ОАО "Газпром газораспределение", 2011. – IV, 34 с.
2. Вайсфельд В.А., Ексаев А.Р. ГИС в задачах эксплуатации сетей инженерных коммуникаций // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. 1997. №5(12).
3. Ионин А. А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 440 с.
4. Шальнов А. П. Строительство газовых сетей и сооружений. М., Стройиздат, 1970. 287 с.

УДК 69.003

Георгий Борисович Латкин, студент
(Санкт-Петербургский государственный университет)
E-mail: lgb14@mail.ru.

George Borisovich Latkin, student
(Saint-Petersburg State University)
E-mail: lgb14@mail.ru.

КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

INTEGRATED DEVELOPMENT OF TERRITORIES AS A FACTOR IN IMPROVING THE ECONOMIC STANDARD OF LIVING

Одной из современных тенденций в области градостроительства является реализация проектов комплексного развития территорий. Такой тренд обусловлен тем, что в Санкт-Петербурге и Ленинградской области образовалась необходимость в создании новых жилых районов с необходимым окружением для обеспечения потребностей жильцов. В статье рассмотрены изменения в градостроительном кодексе, повлиявшие на интерес правообладателей земельных участков и органов местного самоуправления к таким проектам. Дано определение проектов комплексного развития территорий. Проанализированы их преимущества и недостатки. Заинтересованные лица были разделены на 3 группы, описаны их потребности и возможности при грамотной реализации проектов комплексного развития территорий.

Ключевые слова: комплексное развитие территорий, экономический уровень жизни, инфраструктура, потребители, объект недвижимости.

One of the modern trends in the field of urban planning is the implementation of projects for the integrated development of territories. This trend is determining the fact that in St. Petersburg and the Leningrad region there is a need to create new residential areas with the necessary environment to meet the needs of residents. The article considers the changes in the town-planning code, which influenced the interest of the right holders of land plots and local governments in such projects. The definition of integrated development projects is given. Analyzed their advantages and disadvantages. Stakeholders were divided into 3 groups. Their needs and capabilities were described with the competent implementation of integrated development projects.

Keywords: integrated development of territories, economic standard of living, infrastructure, consumers, real estate.

Цель работы – раскрыть возможности проектов комплексного развития территорий.

Основная задача проекта комплексного развития территорий – создать комфортные и безопасные условия для жизни, отдыха, работы, саморазвития для всех участников проекта с повышением экономического уровня жизни.

У таких проектов существуют 3 группы заинтересованных лиц:

1. Создатели благ: бизнес и специалисты;
2. Власть: органы государственной власти и местного самоуправления;
3. Потребители: арендаторы, жители.

Для эффективной реализации проектов необходимо формирование системы создатели-власть-потребители. Такое сотрудничество возможно только когда оно будет экономически выгодно всем трем сторонам.

Бизнесу выгодно получить максимально возможную прибыль при минимальных затратах времени и капитала на реализацию объектов недвижимости и регулярный арендный доход.

Специалисты заинтересованы в качественном выполнении технического задания для получения стабильных выплат по заработной плате, ее повышению и социальных гарантиях.

Власть заинтересована в развитии новых территорий, повышении их привлекательности для экономической активности как потребителей, так и бизнеса для максимизации своих бюджетных доходов.

Потребителю выгодно приобрести в собственность или арендовать такой объект недвижимости, цена которого соответствует его качеству и окружению.

В советское время осваивали территории таким образом, чтобы обеспечить крупные заводы или производства рабочей силой, поэтому жилые кварталы строились рядом и жизнь в них частично зависела от градообразующего предприятия [1, 2]. После развала СССР освоение территорий забылось на десятилетия. Затем жилые дома строились точно, добавляя нагрузку на городские инженерные сети и инфраструктуру. Возводились и целые жилые кварталы с недостаточным потенциалом для обеспечения потребностей граждан в социально-экономической и транспортной инфраструктуре.

Интерес бизнеса и власти к комплексному развитию территорий (далее КРТ) возник после изменений в градостроительном кодексе РФ, благодаря № 373-ФЗ, он был дополнен статьями 46.9. и 46.10. вступивших в силу с 1 января 2017 года [3, 4]. Необходим был закон, регламентирующий обязательства между двумя хозяйствующими субъектами – правообладателей земельных участков и органов местного самоуправления. Основой задачей которого является сделать более цивилизованными и прозрачными отношения между сторонами по средству заключения договора.

Такая новация в ГРК РФ позволяет:

1. Распределять обязанности участников проекта на подготовительной стадии, а именно: кто, в какие сроки, в каком количестве и какого класса строит определенный объект инфраструктуры;
2. Определить ответственность сторон за неисполнение или ненадлежащее исполнение соглашения;
3. Предоставлять бизнесу налоговые льготы в случае передачи власти прав собственности на земельные участки с объектами общественных инфраструктур.

Основные преимущества проектов КРТ: единый проект развития квартала или целого района. Из-за больших масштабов территорий возможна минимизация издержек за счет оптовых затрат, при этом оставляя качество на достойном уровне. Немаловажным плюсом является расчет необходимых мощностей инженерных сетей для обеспечения потребностей будущих жилых домов и объектов инфраструктуры. Их прокладывают на начальном этапе строительства по всей территории, для быстрого подключения к будущим объектам недвижимости. Открывается возможность в проектировании дорог, способных обеспечить эффективное транспортное сообщение внутри развитой территории, а также с соседними городами. Создать необходимое количество объектов социальной, торговой, развлекательной, транспортной, деловой инфраструктур, способное удовлетворить потребности будущих жильцов и приезжих. Так как КРТ в основном проектируется на территории Ленинградской области, главное преимущество таких проектов – экология и единение с природой, возможность создать культурные объекты, для привлечения внимания потенциальных потребителей и туристов.

Основными недостатками проектов КРТ являются: трудности переговоров для распределения обязанностей между властью и создателями благ. Несовременный документооборот, но для решения проблемы был осуществлен запуск единой системы строительного комплекса, нацеленный на:

1. Создание единого информационного пространства в сети интернет;
2. Минимизации сроков строительства за счет сокращения затрат времени на исполнение процедур по работе с документами;
3. Повышение прозрачности процессов получения процедур в сфере строительства;
4. Обеспечение эффективного контроля за исполнением процедур за счет их упрощения [5].

Из-за больших объемов работ как подготовительных, так и строительных сроки реализации таких проектов составляют десятилетия. Проекты КРТ приносят хорошую прибыль, но требуют и больших затрат: времени, капитала, труда, территорий и технологий, из-за этого являются рискованным мероприятием.

Подводя итоги, можно сказать, что грамотно разработанный проект планировки территории должен обеспечивать гарантию качества городской среды, создаваемой в ходе реализации проекта. Гарантировать защиту прав и интересов потребителей, которые будут не только проживать, но и работать на данной территории. Они смогут получить возможности: отдавать своих детей в детские сады или школы, проявлять экономическую активность в торговых-развлекательных центрах, ресторанах и кафе, лечиться в общественных или коммерческих больницах, отдыхать в парковых зонах рядом с домом.

Власть получает не только оживленный район с развитым окружением для комфортной жизни граждан, удовлетворяющий их повседневные потребности, но и район с высокой деловой и потребительской активностью.

Проекты КРТ выгодны всем заинтересованным лицам, но основная нагрузка ложится на создателей благ. Ведь они должны обеспечить будущий

район не только жилыми кварталами, но и всей необходимой инфраструктурой. Они получают прибыль не только от реализации жилой недвижимости, но и от аренды коммерческой инфраструктуры, например: торгово-развлекательные центры, парковки, образовательные и медицинские учреждения, офисные здания, отели. После реализации проекта перед командой специалистов открывается возможность получить в собственность жилье на развитой территории благодаря их взаимодействию с бизнесом.

Литература

1. Строительство в СССР. 1917–1957. М., 1958.
2. «XVI конференция ВКП (б)». Стенографический отчет. М., – Л. 1929; «V Всесоюзный съезд Советов». Стенографический отчет. М., – Л. 1929; «XVI съезд ВКП (б)». Стенографический отчет. М., – Л. 1930; Постановление ЦИК и Совнаркома СССР от 30 января 1929 г. «О мерах содействия строительству рабочих жилищ». «Собрание законов, распоряжений рабоче-крестьянского правительства СССР», 1929, N 9, ст. 83.
3. ГрК РФ Статья 46.9. Комплексное развитие территории по инициативе правообладателей земельных участков и (или) расположенных на них объектов недвижимого имущества. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/40f35136686ca3ecfeec1757ce0d23c16916fde8/#dst1478 (дата обращения: 01.02.2019).
4. ГрК РФ Статья 46.10. Комплексное развитие территории по инициативе органа местного самоуправления. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/cf46ca11b34f1db9f2330c4fb32c5980f7a4d0a/ (дата обращения: 01.02.2019).
5. Единая система строительного комплекса Санкт-Петербурга. URL: <http://info.essk.gov.spb.ru/> (дата обращения: 02.02.2019).

УДК 72.04.012

Валентина Евгеньевна Савицкая, студент,
(Саратовский государственный
технический университет Гагарина Ю.А.)
Екатерина Владимировна Байкова,
д-р культурологии, профессор
(Саратовский государственный
технический университет Гагарина Ю.А.)
E-mail: valentina.savitskaya@mail.ru
baykovaekaterina@yandex.ru

Valentina Evgenievna Savitskaya, student,
(Saratov State Technical
University of Y.A. Gagarin)
Ekaterina V. Baykova,
Doctor of Cultural Studies, Professor
(Saratov State Technical
University of Y.A. Gagarin)
E-mail: valentina.savitskaya@mail.ru
baykovaekaterina@yandex.ru

ЛЬВИНЫЙ ОБРАЗ САРАТОВА

LION IMAGE OF SARATOV

В этой статье исследуются факторы и принципы появления образа льва в архитектурной среде города Саратова. Опираясь на конкретные примеры, мы занимаемся изучением регионального своеобразия применения этой символической фигуры, становящейся, то тотемом, то геральдическим образом, то брендом, то амулетом.

Как будто случайно возникают в статье такие фамилии владельцев старинных особняков, как Шмидт и Бендер... В образе города переплетаются исторические и вымышленные личности, визуальные образы, литературные сюжеты и современные контексты прочтения этих образов. Среда меняется, а символы власти, богатства и достоинства остаются. Но исторические личности и художественные образы делают двойным прочтение этого образа в контексте города.

Ключевые слова: архитектура, скульптура, лев, маскарон, образ, геральдика, история, живопись, символ.

This article explores the factors and principles of the appearance of the lion in the architectural environment of the city of Saratov. Based on concrete examples, we are studying the regional peculiarities of the application of this symbolic figure, becoming, then a totem, then a heraldic way, then a brand, then an amulet.

As if such surnames of the owners of old mansions as Schmidt and Bender appear in the article ... Historical and fictional personalities, visual images, literary plots and modern contexts of reading these images intertwine in the image of the city. The environment is changing, and the symbols of power, wealth and dignity remain. But historical figures and artistic images make the reading of this image in the context of the city twofold.

Keywords: architecture, sculpture, lion, mascaron, image, heraldry, history, painting, symbol.

Введение. Актуальность исследования. Символический образ льва, как защитника, широко известен в мировой культуре, часто он становится амулетом города. Мы видим его в качестве скульптуры-охранника на входе в храм или в цепочке группы скульптур на мосту, украшающим фронтоном или опирающимся на шар. Почему этот образ столь популярен? Ни тигр или ягуар, никакой-либо другой крупной хищник получил столь широкое поле распространения в искусстве, став атрибутикой и подписью архитекторов, элементом фирменного стиля предпринимателей, обозначением царской власти.

Лев как символ власти существовал в геральдической науке средневековья, а в русской геральдике изучен А.Б. Лакиером, отмечен в любом современном словаре символов, знаменитые львы Санкт-Петербурга приводятся в замечательной книге В.В. Нестерова «Львы стерегут город», в Саратовской архитектуре изучается краеведом Д. Власовой.

Мы ставим перед собой цель изучить образ льва в контексте Саратовской архитектуры и его символическое значение в искусстве, скульптуре и архитектуре на территории Саратова и Саратовской области.

Основная часть. Львы на территории Российской империи, СССР и России никогда не обитали. Им бы тут не понравилось, учитывая погодные условия. Но образ храброго, сильного, большого защитника, а иной раз ручного (лев с кольцом), в сознании города остается популярным и по сей день. Дань традиции или преследование модного образа? Попробуем разобраться.

Лев «наследил» и в изобразительном искусстве, и в скульптуре, и в архитектуре и даже в геральдике! Образ льва появляется в глубокой античности, Египте, Древней Греции и даже Китае [1]. В средневековье кочует по Европе. Многие государства, особенно воинствующие, запечатлели силуэт царя зверей на своих гербах и флагах. Так лев становится геральдическим символом.

Прогуливаясь осенним днем в городе Саратове, замечаешь почтовый ящик с явно дореволюционным декорированием. Барельеф герба маленький, выполнен достаточно изысканно, находится в центре рассматриваемого мной предмета. По середине барельефа крест, который по бокам прижимают обернувшиеся львы. В их позах читается покорность, пропорции частей тел выдают антропоморфность изображаемых. Это было в одной из арок по адресу: ул. Московская, 85. Приятно встретить такие детали. Здесь львы – знаменосцы.

Размышляя о роли этого образа в нашей культуре, обратимся к историческим фактам. На Руси в XI-XII веках львиные изображения используются как христианские символы и знаки-обереги при украшении храмов.

Интересна находка 2009 года в деревне Поповка Хвалынского района датируемая 1910 годом [2]. Расписные крестьянские дома, сохранившиеся до наших дней – редкость, а росписи такой большой площади и такого высокого качества, как в доме в Поповке — уникальная находка. Стены выкрашены голубым цветом, изображены ангелы, Георгий Победоносец. Но большее впечатление производит «улыбающийся» ярко-желтый лев. Он игриво лежит на брюхе, голова на лапках, человеческие глаза и улыбка, практически в тридцать два зуба. Даже для простого человека начала XX века, лев – христианский образ. Образ его – покорный.

По мнению ученых, этот символ все же неоднозначный: с одной стороны, лев выступает как один из образов Иисуса, с другой – охраняет от нечистой силы.

Заглядывая в историю, мы обнаруживаем, что во времена правления Петра I в моде скульптуры львов. Тут отличился Санкт-Петербург [3]. И мода не обошла стороной Саратов. Примечателен в этом плане особняк Шмидта с внутренним двориком. Возле выхода на внутренний двор у дверей восседают по бокам два льва с широко открытыми пастьями, как в лучших азиатских традициях. Вообще культовый смысл «открытой пасти», пришедший с востока – отпугивание злых демонов. И без демона тут не обошлось! Перед глазами легендарный грот и чудовище, вылезающее из него. Практически театральное действие состоялось на моих глазах. Демон не спит, львы охраняют вход в особняк. Жутковато. Здесь львы – защитники.

Конечно же удивил крестьянский дом в селе Поповка Саратовской области. Здесь лев пропитан символическим оттенком христианской традиции, но городские львы совсем другие...

Примеров декорирования образом льва в архитектуре Саратова множество. Маскароны встречается на зданиях главных исторических улиц. Обычно пасть открыта, вид устрашающий. Но замечено, как органично расставлены анималистические акценты на фасадах зданий. Образ льва живой, придает «энергичности» постройкам [4].

Пройдем ближе к Театральной площади. А вот и здание, выходящее фасадом на эту самую площадь. Правильно вписавшись в нишу, на самом верху магазина купца Андрея Бендера, гордо стоит лев. Правой лапой упирается в шар. Такое ощущение, что следит и видит каждого со своей высоты.

Этот дом – памятник архитектуры регионального значения. Сейчас тут размещается городская администрация, а перед революцией был магазин купца первой гильдии Бендера – исключительно находчивого господина. Один из богатейших людей начала XX века в Поволжье, как он сам себя называл «король сарпинки», пожелал украсить свой торговый дом львом – достойным символом богатства и могущества. И тот прочно утвердился всеми четырьмя лапами на земном шаре Андрея Ивановича.

Бендер торговал сарпинкой. Сейчас эта хлопчатобумажная ткань совершенно забылась, а тогда плотную, но в тоже время тонкую материю в клетку и полоску охотно покупали все – от бедных рабочих, до изнеженных барынь [5].

Вход со двора в особняк И. П. Шмидта охраняют два льва, пасть каждого широко открыта, но клыков, как будто нет. И вообще в них нет ничего страшного – сидят как собаки по команде, обернув хвостом задние лапы. Бедные львы не защищены навесом крыльца и скат парапета расположен таким образом, что, кажется, в следующий момент они скатятся с него, как с горки. Да и по месту расположения – защищают они не от внешнего врага, а от чего-то с тыла. Совершенно не связаны по смыслу с морским царём в гроте того же двора, если только от него и защищают.

Без документальных свидетельств владельцев и архитекторов сложно проследить истинные причины такой композиции. Как отдельные листы, вырванные из книги, эти следы истории разбросаны по городу и сюжет воедино уже связать невозможно. Архитекторы Саратова конца XIX, начала XX веков любили использовать этот символ в своих композициях, а владельцы именитых домов подчеркивали наличием этого образа свою состоятельность и солидность.

Основательно изучив и документально зафиксировав следы этой образной системы на улицах города Саратова, мы пришли к выводу, что образ льва был очень популярен в нашем городе, влияние столицы на третий по количеству населения на тот момент город Российской империи очевидно. Однако сейчас совсем другие образы населяют среду городов, а фасады зданий оказались и вовсе пустынями.

Литература

1. Лев в геральдике // Википедия / электронный ресурс/режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B2_%D0%B2_%D0%B3%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B5
2. Главный пост. «Дом со львом»: Музей народной монументальной живописи — мы начинаем // livejournal /электронный ресурс/режим доступа: <https://lion-house.livejournal.com/624.html>
3. Маршрут «Львы Петербурга» / Ваш путеводитель по достопримечательностям Санкт-Петербурга/электронный ресурс/режим доступа: <http://www.peterburg.biz/marshrut-lyvi-peterburga.html>
4. Власова Д. Многоликие львы на улицах старинного купеческого города Саратова /Россия/ Блог о путешествиях CONTROL POINT /электронный ресурс/режим доступа: <http://www.control-point.ru/rossiya/lyvy-v-arhitekture-saratova/>
5. Власова Д. Неспешная прогулка с друзьями по улице Радищева в Саратове// Блог о путешествиях CONTROL POINT /электронный ресурс/точка доступа: <http://www.control-point.ru/rossiya/ulitsa-radishheva-saratov/>

УДК 69.003.13

Дарья Олеговна Устинова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
университет)
E-mail: doustinova@gmail.com

Daria Olegovna Ustinova, student
(Saint Petersburg State University)

E-mail: doustinova@gmail.com

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕВЕЛОПЕРСКОГО ПРОЕКТА В РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИЙ

THE PROBLEM OF PROJECT EFFICIENCY DETERMINING IN TERRITORIES DEVELOPMENT

В данной статье приведено определение девелоперского проекта, рассмотрено его взаимное воздействие с окружающей средой, рассмотрена классификация эффективности с точки зрения внешних субъектов, проблемы определения эффективности девелопмента, а также её актуальность в текущих социально-экономических условиях. Помимо коммерческой эффективности как классического её понимания особое внимание автором уделено и другим разновидностям, в частности социальной и народнохозяйственной, их специфике и в то же время важности их определения. Обоснование целесообразности должно включать не только экономические параметры проекта, но и показатели эффективности с позиции субъектов внешней среды.

Ключевые слова: определение эффективности, проект девелопмента, внешняя среда, объект недвижимости, коммерческая эффективность, обоснование целесообразности.

This article provides a definition of a development project, its mutual influence with the environment, a classification of efficiency from the point of view of external actors, problems of determining the effectiveness of development, as well as its relevance in current socio-economic conditions. In addition to commercial efficiency as a classical understanding of it, the author pays special attention to other varieties, in particular, social and national economic efficiency, its' specificity and, at the same time, importance of their definition. The rationale for feasibility should include not only the economic parameters of the project, but also performance indicators from the perspective of environmental subjects.

Keywords: determination of efficiency, development project, external environment, real estate object, commercial efficiency, reasonableness of expediency

Проект девелопмента, как и любой предпринимательский проект, на стадии планирования подлежит процедуре обоснования целесообразности его реализации, что, в сущности, является оценкой его эффективности. Принято определять её коммерческую сторону, для чего разработано множество различных методов, в итоге получая определённые показатели, позволяющие девелоперу принять решение о необходимости внедрения проекта. Однако, стоит иметь ввиду, что объект недвижимости производит не только экономические эффекты, касающиеся инвестора и/или застройщика, но и воздействует на тех или иных субъектов его внешней среды, что также требует оценки и принятия во внимание непосредственно перед осуществлением проекта. Целью данной статьи является актуализация оценки эффективности проектов девелопмента как комплексного процесса.

Девелоперский проект – комплекс запланированных мер по созданию нового востребованного рынком объекта недвижимости в условиях ограниченных ресурсов и в заданных временных рамках с целью получения допустимого уровня дохода на вложенный капитал. Учитывая классическое понимание девелоперского проекта как некоторой разновидности инвестиционного проекта, крайне важно учитывать обязательность обоснования экономической целесообразности проекта девелопмента.

Основанием для принятия решения о реализации проекта является оценка эффективности проекта девелопмента. В первую очередь, конечно, принимается во внимание её коммерческая составляющая, имеющая значение главным образом для девелопера или инвестора, но необходимо учитывать тот факт, что проект имеет значение не только для внутренней, но и внешней среды, а значит, эффективность его может оцениваться с точки зрения других субъектов окружения проекта.

Эффекты, оказываемые объектом на внешнюю среду, называют экстерналиями. Стоит отметить, что, как правило, оценивают не эффекты как таковые, ведь последние являются абсолютными показателями проекта, а эффективность – относительные показатели соотношения тех или иных результатов, возникших с момента реализации проекта, к произведённым для его осуществления затратам.

Так, например, выделяется эффективность экономическая и социальная, при этом экономическая подразделяется на коммерческую и народнохозяйственную. Последняя же включает в себя отраслевую, межотраслевую, территориальную и бюджетную эффективность. Ввиду того, что создателей проекта девелопмента главным образом интересуют его экономические показатели, оценка именно коммерческой эффективности является наиболее востребованным, научно-обоснованным и точным инструментом в определении целесообразности проекта в отличии от остальных видов эффективности.

Важно отметить, что оценка эффективности является трудоёмким процессом и далеко не всегда может быть выражена абсолютно достоверно ввиду таких причин как закрытость и дефицит информации, отсутствие нормативно установленных методов оценки, сложность разработки методики расчетов, невозможность достаточно точного прогнозирования необходимых параметров и прочих. Исключением в данном случае является оценка коммерческой эффективности потому как для её осуществления есть множество различных методов оценки, а исходные данные для оценки в случае реализованного проекта представлены в сметах, бухгалтерской и управленческой отчетности, иными словами, являются достоверными и точными, в случае же предполагаемого проекта необходимые параметры довольно точно прогнозируются на основе статистических и рыночных данных. Именно поэтому оценка коммерческой

эффективности обладает наиболее точными результатами и качественным характером исполнения, что даёт девелоперу в свою очередь возможность принять максимально обоснованное решение.

Тем не менее, оценка остальных разновидностей эффективности важна в той же мере. В случае планируемого проекта девелопмента, выявление в количественном выражении положительного влияния на муниципальный бюджет, местное сообщество, предприятия инвестиционно-строительной отрасли и других отраслей и так далее поможет заручиться поддержкой выгодоприобретателей при реализации проекта, привлечь внимание к конкретному проекту и доказать значимость осуществления конкретного проекта при необходимости. В случае реализованного проекта, полная оценка эффективности проекта может быть полезна при управлении объектом недвижимости – выявление соотношения выгод к произведённым затратам поможет скорректировать концепцию управления для максимизации положительного влияния объекта, а соответственно и дохода от него.

Однако, на данный момент девелоперы и инвесторы, как правило, заинтересованы только коммерческой эффективностью девелоперского проекта, что продиктовано их предпринимательским духом и целью максимизации получаемого дохода. Именно поэтому зачастую на современном рынке недвижимости наблюдаются объекты недвижимости, вызывающие недовольство и возмущение тех или иных участников общества. Тем не менее, девелоперы, как правило, получив доход от объекта, уже не интересуются негативными внешними эффектами построенного и сданного объекта и довольно неактивно решают возникающие проблемы.

По мнению автора, девелоперам необходимо проводить обоснование целесообразности девелопмента ещё на стадии планирования, принимая во внимание не только экономические параметры проекта, но и эффективности с точки зрения будущих пользователей, представителей бизнеса и органов местного самоуправления и государственной власти для предотвращения негативного воздействия и повышения значимости и ценности будущего объекта недвижимости.

Литература

1. Максимов С.Н. Управление девелопментом недвижимости: учебник. М.: Проспект, 2015. 329 с.
2. Максимов, С. Н. Экономика недвижимости: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Издательство Юрайт, 2016. 402 с.
3. Мишланова М. Ю. Оценка текущей эффективности девелоперского проекта для целей управления // Приволжский научный журнал. 2012. N 4. С. 193–198.
4. Котляров М.А. Девелопмент недвижимости: монография / М.А. Котляров, Дж. Дрейн, А.Б. Бриль и др.; под науч. ред. М.А. Котлярова. Екатеринбург, 2017. 127 с.
5. Леонова Н. В. Оценка экономической целесообразности и эффективности развития земельного участка // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2015. N 10. С. 92–96.

УДК 528.77

Екатерина Сергеевна Читалова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
университет)
E-mail: kes9657@mail.ru

Ekaterina Sergeevna Chitalova, student
(Saint Petersburg State University)
E-mail: kes9657@mail.ru

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ЗЕМЕЛЬНЫХ УГОДИЙ ПРИМОРСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

TRENDS OF LAND PLOTS SQUARES CHANGE IN THE PRIMORSKY DISTRICT OF ST. PETERSBURG

Статья посвящена проведению анализа изменения площадей земельных угодий с применением метода автоматизированного дешифрирования аэроснимков, а также рассмотрению сущности и алгоритма проведения контролируемой классификации по способу максимального правдоподобия и расчету оценки точности такой классификации с приведением соответствующих формул. Объектом исследования является – Приморский район Санкт-Петербурга. Результат исследования представляет собой тематическую карту, которая позволяет оценить изменения в составе земельных угодий. В заключении приводятся выводы об изменениях в площадях земельных угодий, произошедших в период с 2014 по 2018 годы.

Ключевые слова: аэроснимок, автоматизированное дешифрирование, матрица ошибок, контролируемая классификация, метод максимального правдоподобия.

The article is devoted to analyzing changes in land areas through the method of automated decoding of aerial photographs, as well as reviewing the nature and algorithm for conducting controlled classification using the maximum likelihood method and calculating the accuracy assessment of such a classification with the corresponding formulas. The object of the research is - Primorsky district of St. Petersburg. The result of the study is a thematic map that allows you to assess changes in the composition of land. In conclusion, conclusions are made about changes in land areas that occurred in the period from 2014 to 2018.

Key words: aerial photograph, automated interpretation, supervised classification, maximum likelihood, error matrix.

Современное общество представляет собой урбанистическую цивилизацию. Актуальной проблемой является стремительный рост крупнейших и крупных городов. В настоящее время численность городского населения, превышает численность сельского. Подобная тенденция описывает так же и ситуацию в России. Ожидается что в поселениях городского типа уже будет проживать практически всё население к 2030 году [6]. Системы расселения и города всегда формировались под влиянием факторов окружающей среды, которые в значительной степени определяют, как характер застройки территории, так и в целом перспективу развития поселений.

Окружающая среда претерпевает изменения под воздействием градостроительной деятельности. Расширение мегаполисов оказывают негативное воздействие на экосистемы. Мониторинг увеличения урбанизированной территории позволяет оценить изменения в площадях городских районов, следовательно, является неотъемлемой частью исследований для разработки стратегий по эффективному развитию мегаполиса.

Цель исследования заключается в проведении анализа изменения площадей земельных угодий. Объектом исследования является Приморский район Санкт-Петербурга, который подлежит активной застройке в последние десятилетия. В качестве исходных данных использованы цифровые аэроснимки части Приморского района за 2014 и 2018 годы.

Аэроснимки характеризуются подробным содержанием информации о состоянии объектов земной поверхности в момент съемки, поэтому для достижения поставленной цели был выбран способ автоматизированного дешифрирования цифровых снимков [4]. Обязательной частью дешифрирования является классификация объектов.

В данном исследовании применялась контролируемая классификация с использованием метода максимального правдоподобия. Её целью является замена визуального анализа снимка автоматизированной процедурой идентификации. Результат такой классификации представляет собой тематическую карту.

Контролируемая классификация основывается на использовании эталонных областей, принадлежность которых к определенному информационному классу на местности известна. Оператор, опираясь на свое знание территории разделяет объекты местности на классы [4].

Значения спектральной яркости пикселей эталонных областей в различных диапазонах используется для настройки программы распознавания, посредством создания обучающих выборок. Для каждой области проводится определение эталона, то есть совокупности спектральных признаков, характеризующих один из классов пикселей на снимке. Далее, каждый пиксел снимка сравнивается с созданными эталонами и соотносится с каким-либо классом. Следовательно, сначала определяются информационные классы объектов, а затем спектральные классы пикселей, которые им соответствуют [5].

Классификация проводилась с применением метода максимального правдоподобия. Данный метод характеризуется максимальной точностью по сравнению с другими известными статистическими методами. Подробно данный вопрос освещен в работе А. А. Боголюбовой [2]. Указанный метод основан на использовании пороговых значений спектральных яркостей для распределения пикселей по классам.

Для проведения классификации были выбраны четыре информационных класса: сельскохозяйственные угодья, лес и растительность, водные объекты, искусственная поверхность.

В качестве классификатора была использована программа Maximum Likelihood Classifier, которая разработана Пшемиславом Тымкувым, кандидатом технических наук, доцентом Университета Природопользования г. Вроцлава (Польша).

Эталонные области из которых состоит выборка для обучения программы должны содержать достаточное количество пикселей и надежную информацию об информационном классе, а также должна учитываться пространственная и спектральная изменчивость свойств объектов внутри классов [2].

На основе сформированной обучающей выборки была проведена классификация цифровых изображений части Приморского района по состоянию на 2014 и 2018 гг. В силу того, что полученные тематические карты являются нечитабельными в черно-белом варианте, и для их печати требуется больший формат листа бумаги, принято решение не приводить их в тексте статьи.

Затем была проведена оценка точности автоматической классификации изображений, которая основывалась на расчете матрицы ошибок, которая также характеризует погрешность классификации для каждого класса [2].

Проверка точности представляет собой сравнение аэроснимка с полученной тематической картой. Точность T [1] выражается в процентах и рассчитывается по формуле (1):

$$T = \frac{\sum D_{ij}}{N}, \quad (1)$$

где $\sum D_{ij}$ – сумма значений диагональных элементов в матрице ошибок; N – общее количество пикселей в матрице ошибок.

Недиагональные элементы матрицы содержат информацию о ложной классификации и пропусках в ней.

Далее была рассчитана «точность производителя» (producer's accuracy) и «точность пользователя» (user's accuracy), а также их средние значения (MPA , MUA) [1].

Таблица 1

Расчет матрицы ошибок и показателей точности тематической карты за 2018

Эталонные данные, M^2	Классифицируемые данные, M^2				Расчет показателей точности		
	С/х угодья	Лесные насаждения	Водные объекты	Искусственная поверхность	Сумма по строкам	Точность производителя, %	Пропуск, %
С/х угодья	11994380	153830	3707	697032	12848950	93,3	6,7
Лесные насаждения	637912	11261906	781312	167819	12848950	87,6	12,4
Водные объекты	6821	923230	11765908	152990	12848950	91,6	8,4
Искусственная поверхность	654817	416657	579780	11197694	12848950	87,1	12,9
Сумма по столбцам	13293932	12755624	13130709	12215536	51395802	46219890	$K=86,6\%$
Точность пользователя, %	90,2	88,3	89,6	91,7	$T=89,9\%$	$MPA=89,9\%$	$MUA=89,9\%$
Ложная классификация, %	9,8	11,7	10,4	8,3	-	-	-

Таблица 2

Расчет матрицы ошибок и показателей точности тематической карты за 2014

Эталонные данные, M^2	Классифицируемые данные, M^2				Расчет показателей точности		
	С/х угодья	Лесные насаждения	Водные объекты	Искусственная поверхность	Сумма по строкам	Точность производителя, %	Пропуск, %
С/х угодья	10712898	994375	42320	359364	12108959	88,5	11,5
Лесные насаждения	1923169	8273994	1332324	41295	11570783	71,5	28,5
Водные объекты	0	1459080	11045621	276978	12781679	86,4	13,6
Искусственная поверхность	561846	2049	1517181	12853306	14934383	86,1	13,9
Сумма по столбцам	13197915	10729499	13937445	13530944	51395803	42865819	$K=77,9\%$
Точность пользователя, %	81,2	77,1	79,3	95,0	$T=83,4\%$	$MPA=83,1\%$	$MUA=83,1\%$
Ложная классификация, %	18,8	22,9	20,7	5,0	-	-	-

Полную меру точности обеспечивает коэффициент Каппа [2]. Посредством донного коэффициента происходит сравнение количества пикселей в каждой ячейке матриц с возможностью распределения пикселей как случайной величины, при его расчете используется формула (2):

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^m D_{ij} - \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_j}{N^2 - \sum_{i=1}^m R_i \cdot C_j}, \quad (2)$$

где K – коэффициент Каппа; m – общее количество классов; R_i – общее количество пикселей в i -ой строке; C_j – общее количество пикселей в j -ом столбце.

Результаты расчета вышеуказанных показателей точности классификации снимков 2018 и 2014 года приведены в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

Проведя анализ динамики угодий части Приморского района Санкт-Петербурга за период с 2014 по 2018 год, можно сделать следующие выводы:

1. Площадь сельскохозяйственных угодий сократилась за указанный период на 3 110 183 м² вследствие перевода данной категории земель в земли иного целевого назначения, в частности, в земли занятые городской застройкой, земли, предназначенные для жилищного строительства.

2. Площадь территорий, занятых лесом и растительностью, уменьшилась на 2 810 619 м² вследствие изменения вида разрешенного использования лесных участков и отведения их под многоэтажную жилую застройку.

3. Площадь водных объектов, согласно проведенной классификации, уменьшилась на 7 805 839 м². Однако в действительности осталась неизменной. Это объясняется наличием теней на снимках, отбрасываемых зданиями и сооружениями. Спектральная яркость пикселей, соответствующих водным объектам близка к спектральной яркости пикселей теней, вследствие чего затененные территории классифицируются, как водные объекты.

3. Площадь городской застройки увеличилась на 8 105 403 м².

5. Результаты расчетов в табл. 1 и 2 показали, что общую точность классификации в обоих случаях можно признать удовлетворительной, т.к. она составила более 80 %.

Литература

1. Боголюбова А.А. Методика построения матрицы ошибок и оценка общей точности классификации аэрофото- и космоснимков: Маркшейдерский вестник. 2010. № 4. С. 22 – 25.

2. Боголюбова А.А. Аэрокосмический мониторинг земельных угодий особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга: Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., Санкт-Петербург, 2012. 144 с.

3. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / Пер. с англ. А.В. Кирюшина. — Москва: Техносфера, 2008. – 312 с.

4. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990.

УДК 69.059.4

Сергей Михайлович Шаповалов,

канд. техн. наук, доцент

Татьяна Витальевна Пономарева, студент

(Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова)

E-mail: tanechka.ponomareva@mail.ru

Sergey Mihailovich Shapovalov,

PhD of E Tech. Sci., Associate Professor

Tatyana Vitalievna Ponomareva, student

(Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov)

E-mail: tanechka.ponomareva@mail.ru

СРАВНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПАНИЙ И ТОВАРИЩЕСТВ СОБСТВЕННИКОВ ЖИЛЬЯ

COMPARISON OF AUTOMATED SYSTEMS FOR MANAGEMENT COMPANIES AND HOMEOWNERS ASSOCIATIONS

С древних времен человечество создавало системы и механизмы для автоматизации процессов своей работы. Аналогично происходит и в современном мире. Компьютерные системы развиваются с каждым днем, создавая программы, для автоматизации всевозможной работы на которую в наше время тратится большое количество времени и сил. Жилищно-коммунальное хозяйство также не исключение. Программисты с сотрудниками ЖКХ разработали множество программ, которые в разы упрощают работу управляющих компаний и товариществ собственников жилья. У каждой программы свои функциональные особенности, но их всех объединяет общая функция – электронная диспетчерская, так как это основная цель автоматизации УК или ТСЖ.

Ключевые слова: автоматизированная система, управляющая компания, товарищество собственников жилья, программа.

Since ancient times, mankind has created systems and mechanisms to automate the processes of their work. The same happens in the modern world. Computer systems are developing every day, creating programs to automate all kinds of work that in our time spent a lot of time and effort. Housing and communal services are no exception. Programmers with employees of housing and communal services have developed many programs that simplify the work of management companies and homeowners' associations. Each program has its own functional features, but they all share a common function – an electronic control room, as this is the main purpose of automation of the management company or the homeowners' Association.

Keywords: automated systems, management companies, homeowners' associations, program.

Существуют такие автоматизированные системы как «Домопульт», «Дом.Контроль», «Бурмистр», «Глобал ЖКХ», «Умный житель» и т. д. Каждая из них имеет свои особенности и функциональные возможности, например синхронизация с программой 1С, внесение показаний счетчиков, IP-телефония, синхронизация с ГИС ЖКХ, разный размер комиссии при оплате через программу за платные услуги управляющей компании или за коммунальные услуги. Но практически у всех автоматизированных систем общая

функция – электронная диспетчерская, так как это основная цель автоматизации управляющей компании или товарищества собственников жилья. Также в зависимости от функциональных возможностей каждая программа кардинально отличается своей ценой. Сделаем сравнение самых популярных автоматизированных систем, результаты приведем в выводе.

Автоматизированная система «Домопульт». В ее функциональные возможности входят электронная диспетчерская, мобильное приложение для исполнителя (на платформе android), мобильное приложение для собственника (на платформе iOS и android), оплата коммунальных услуг, новости, голосования, внесение показаний индивидуальных приборов учета и кабинет управляющего (Рис. 1), которому доступна вся статистика. Но с внесение показаний ИПУ могут возникнуть сложности, так как в некоторые УК коммунальные услуги выставляют сами через программу 1С, а некоторые через региональный расчетно-кассовый центр (РРКЦ). Программой предусмотрена синхронизация с 1С, но не с РРКЦ, то есть внесение показаний счетчиков невозможно для многоквартирных домов, квитанции по коммунальным услугам, которым выставляет расчетно-кассовый центр. Также размер комиссии при оплате составляет 5 %. Цена этой автоматизированной системы составляет примерно 200 000 рублей в год [1].



Рис. 1 Кабинет управляющего автоматизированной системы «Домопульт»

В функциональные возможности автоматизированной системы «Дом.Контроль» (Рис. 2) входит электронная диспетчерская, синхронизация с 1С, внесение показаний ИПУ, IP-телефония, мобильное приложение для исполнителя (на платформе iOS и android), мобильное приложение для собственника (на платформе iOS и android), журнал отключения стояков и т. д. Но внедрение данной программы в управляющую компанию занимает значительно больше времени, так как для начала работы нужно составить для каждого многоквартирного дома поквартирную таблицу, указывая в ней № лицевого счета, ФИО собственника, номер телефона, кадастровый номер, количество квадратных метров жилого помещения, номер подъезда, этажа. Из всех указанных данных составляется список собственников и схема дома. Не редко возникают трудности, так как таблицы должны быть составлены строго по шаблону, в противном случае она не загрузится в систему. Размер комиссии при оплате через программу 1,5 %, в дальнейшем разработчики планируют совсем убрать эту комиссию. Стоимость программы «Дом.Контроль» гораздо ниже, чем «Домопульт». Она составляет примерно 17 000 рублей за подключение и настройку и примерно 6 000 рублей ежемесячная оплата, она начинает вноситься после полной настройки и проверки автоматизированной системы. В год управляющая компания заплатит $17000 + (6000 \times 12) = 89\,000$ рублей [2].

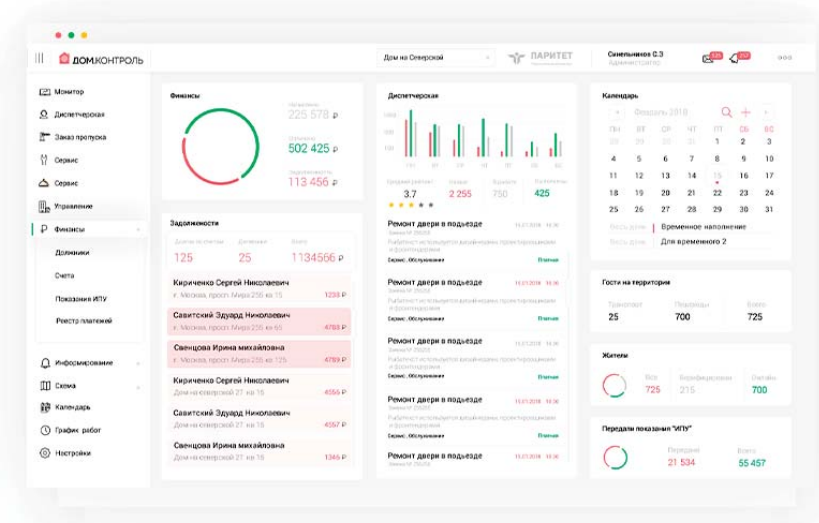


Рис. 2 Рабочий стол автоматизированной системы «Дом.Контроль»

Если рассмотреть автоматизированную систему «Глобал ЖКХ», среди ее функциональных возможностей имеются IP-телефония, запись телефонных

звонков, электронная диспетчерская, но имеется один большой недостаток – отсутствие мобильных приложений. В современном мире большинство важнейших вопросов решается по смартфону. Для того чтобы собственник оставил заявку, ему нужно включить компьютер, зарегистрироваться и оставить заявку. Разработчики планируют в перспективе создание мобильного приложения, но, когда оно появится консультанты умалчивают. Вместо приложения разработчики предлагают сайт (Рис. 3). Стоимость программы «Глобал ЖКХ» составляет 3 рубля за лицевой счет в месяц. Если взять среднюю управляющую компанию с 3000 лицевых счетов, то в месяц это выйдет 9000 рублей. В год это составит $9000 \times 12 = 108\,000$ рублей [3].

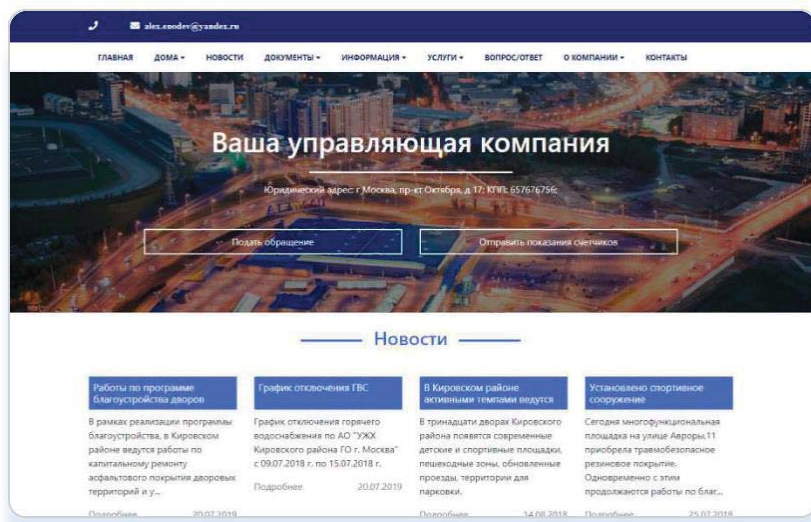


Рис. 3 Сайт онлайн-сервиса «Глобал ЖКХ»

В CRM-системе «Бурмистр» уже реализованы электронная диспетчерская (Рис 4), сбор показаний ИПУ, аналитика, оплата через приложение, прием граждан, мобильные приложения и т. д. Но отсутствует IP-телефония и запись звонков. С 1 марта 2019 года вступает в юридическую силу постановление Правительства РФ № 331 от 27 марта 2018 года. Оно описывает новый порядок взаимодействия управляющей компании с его жильцами и один из важнейших пунктов «запись телефонных разговоров». Стоимость автоматизированной системы «Бурмистр» составляет 2 рубля за лицевой счет, для средней управляющей компании стоимость составит $2 \times 3000 \times 12000 = 72\,000$ в год [4].

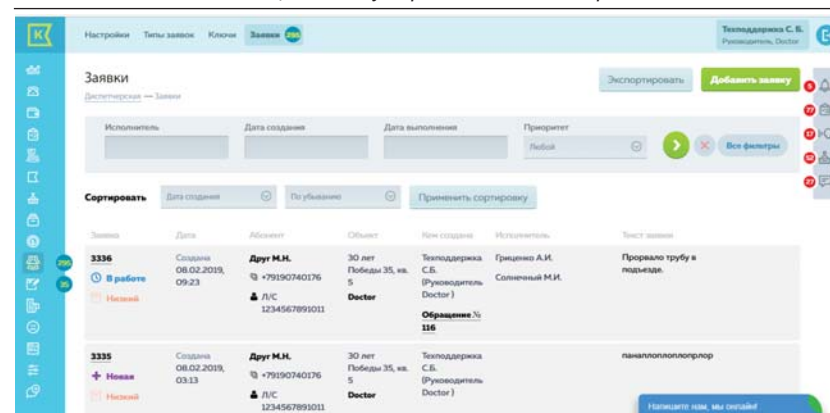


Рис. 4. Электронная диспетчерская CRM-системы «Бурмистр»

Исходя из вышеизложенного материала сформируем сводную сравнительную таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение автоматизированных систем

Программа	Электронная диспетчерская	Мобильное приложение собственника	Мобильное приложение исполнителя	IP-телефония	Внесение показаний ИПУ	Синхронизация с 1С	Комиссия за оплату через приложение, %	Цена за месяц, рублей	Цена за год, рублей
Домопульт	+	Android / IOS	Android / -	+	+/-	+	5%	16667	200000
Дом.Контроль	+	Android / IOS	Android / IOS	+	+	+	1,5%	6000	89000
Глобал ЖКХ	+	-	-	+	+	+	?	9000	72000
Бурмистр	+	Android / IOS	Android / IOS	-	+	+	1%	6000	72000

По таблице наглядно видно, что необоснованно дорогая автоматизированная система – «Домопульт». Мобильные приложения отсутствуют в онлайн сервисе «Глобал ЖКХ». IP-телефонию еще не внедрила CRM-система «Бурмистр». Исходя из этого делаем вывод, что программа «Дом.Контроль» по сравнению с остальными обладает всеми необходимыми функциональными возможностями.

Литература

1. «Домопульт»: автоматизация управления многоквартирным домом или жилым комплексом URL: <https://domopult.ru> (дата обращения 10.02.2019).
2. Сервис для управления многоквартирными домами и жилыми поселками URL: <https://domcontrol.mobi> (дата обращения 10.02.2019).
3. Глобал ЖКХ – автоматизация в сфере ЖКХ URL: <https://global-gkh.ru> (дата обращения 10.02.2019).
4. SRM-система для УК и ТСЖ. URL: <http://www.burmistr.ru/services/crm-sistema-dlya-uk-i-tszh/> (дата обращения 10.02.2019).

УДК 624.136.5

Виталий Вадимович Яковлев, студент
Николай Александрович Сенькин,
 канд. техн. наук, доцент
 (Санкт-Петербургский государственный
 архитектурно-строительный университет)
E-mail: yakovlev_v_13@mail.ru,
senkin1952@yandex.ru

Vitaly Vadimovich Yakovlev, student
Nikolay Alexandrovich Senkin,
 PhD of Tech. Sci., Associate Professor
 (Saint Petersburg State University
 of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: yakovlev_v_13@mail.ru,
senkin1952@yandex.ru

НАМЫВНЫЕ ОСНОВАНИЯ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТПУ «КРОНШТАДТ» ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

ALLUVIAL BASES FOR THE MULTIFUNCTIONAL HUB “KRONSHTADT” DURING THE RECONSTRUCTION OF THE TRANSPORT SYSTEM OF ST. PETERSBURG

Данная статья посвящена технологии возведения искусственного намывного острова в акватории острова Котлин для размещения на нем многофункционального транспортно-пересадочного узла (МТПУ) «Кронштадт», входящего в состав сети высокоскоростного пассажирского транспорта по периферии Санкт-Петербурга. Даются основные понятия; рассмотрен мировой опыт возведения намывных территорий, которые представляют наибольший интерес в техническом плане; описаны факторы, которые необходимо учитывать при проектировании таких территорий; на основании имеющихся исходных данных предложены конструктивные особенности и решения по искусственным основаниям для МТПУ «Кронштадт».

Ключевые слова: искусственный остров, намывные территории, переработка мусора, транспортно-пересадочный узел, оградительные сооружения.

This article is devoted to the technology of the construction of an artificial alluvial island in the water area of Kotlin Island to accommodate the Kronstadt multifunctional transport hub (MHUB), which is a part of the high-speed passenger transport network around the periphery of Saint-Petersburg. Basic concepts are given; the world experience of the construction of alluvial areas that are of the greatest technical interest is considered; describes the factors that must be considered when designing such areas; on the basis of the available initial data, design features and solutions for artificial bases for the MHUB "Kronstadt" are proposed.

Keywords: artificial island, alluvial area, garbage processing, multifunctional hub, protective structures.

1. Опыт возведения намывных территорий

Намыв территорий – способ освоения и расширения территорий в береговой зоне, заключающийся в осушении и дальнейшей засыпке прибрежного

участка. Также примером намывных территорий служат искусственные острова. В результате намыва удается получить устойчивое искусственное основание, пригодное для возведения на нем зданий и сооружений различного назначения.

Процесс создания намывных территорий достаточно дорогой и связан различными технологическими рисками. Поэтому решение о возведении таких сооружений целесообразно для прибрежных населенных пунктов с высокой плотностью населения и нехваткой земли. Так, например, Сингапур смог увеличить свою территорию почти на 200 км².

Также технологию намывных оснований используют для улучшения экологической ситуации на прибрежной территории города. Например, намыв применяют для создания устойчивого основания на территориях, подверженных затоплению паводками. Помимо этого, существует современная тенденция освоения свалок и создание намывных территорий из переработанного мусора. Часть территории Сиднея, на которой проходила Олимпиада 2000 года, расположена на заброшенной свалке. Продуктами сжигания мусора – пеплом – наполняют намывные территории в Японии, Корее, Сингапуре, Малайзии и прочие.

В технологическом и конструктивном плане интерес представляют намывные территории, представленные в табл. 1. Почти все эти намывные территории расположены в заливах, т.е. не обладают сильным волновым воздействием и большими перепадами уровня воды.

Таблица 1

Наименование	Месторасположение	Площадь, км ²	Цели использования
Международный аэропорт Кансай, остров	Осака, Япония	10,6	аэропорт
Палм-Джумейра	Дубаи, ОАЭ	5,6	жилье, рекреация
Симакао, остров	Сингапур	≈5	намыв при помощи переработанного мусора
Морской фасад, расширение острова	Санкт-Петербург, Россия	4,7	жилье

Международный аэропорт Кансай [1]. Расположен на искусственном намывном острове в Осацком заливе в префектуре Осака, Япония. Это сооружение должно выдерживать жесткие тайфуны, сильные землетрясения и высокие цунами. Главная задача – подготовить основание и решить серьезную проблему возможной осадки острова, т.к. на дне залива содержится пласт водонасыщенной мягкой глины. Было принято решение ускорить осадку грунта (поскольку вес искусственного острова будет выдавливать воду из глины), при этом дополнительно уплотнить дно. Для этого было высыпано более 180 млн м³ грунта высотой 30 м над уровнем воды; для укрепления грунта по всей площади территории применяли метод погружения песчаных свай. Остров специально спроектирован так, чтобы постепенно погружаться в море по мере оседания и уплотнения грунта, однако на сегодняшний день просадка острова

превысила запланированную на 8 см. По контуру острова используются бетонные блоки; помимо этого, построены дополнительно подземные стены, окружающие из смеси цемента, земли и песка.

Остров Палм-Джумейра [2]. Входит в состав «Пальмовых островов» в Дубаи, ОАЭ, по форме напоминающий дерево (пальму). Остров состоит из «ствола», соединяя остров с сушей; «кроной» или «листьев»; окружающий серповидный остров, являющийся 11 км волноломом. Последний представляет собой оградительное сооружение, обеспечивающее его защиту от волнового воздействия, главным образом со стороны северо-запада.

«*Морской фасад*» [3]. Представляет собой увеличение и расширение Васильевского острова Санкт-Петербурга в западном направлении почти на 476 га. Глубина территории намыва не превышала 6 м, при этом территория была поднята на отметку 2-3 м над уровнем воды в заливе. Работы ведутся гидромеханизированным способом. В качестве грунта используется морской песок, который доставляли до места выгрузки баржами, а затем укладывали на место при помощи гидроперегрузжателей по пульпопроводам. На данный момент намыто больше половины планируемой территории.

Остров Симмакао. Данный остров представляет интерес тем, что в качестве заполнения его используется переработанный мусор в пепел. Таким образом небольшая по площади страна Сингапур решает 2 важные задачи: утилизация мусора и освоение (образование) территории суши. По периметру острова создана каменная насыпь длиной 7 км. Сама территория острова разбита на несколько ячеек, и перед тем, как ее начинают заполнять, из нее откачивается вода. Программа по созданию искусственного острова Симмакао рассчитана до 2040 года.

2. Факторы и технические требования намывных территорий [4]

При проектировании будущих намывных территорий (в частности, искусственных островов) необходимо учитывать следующие основные факторы:

1. Географическое расположение (включая природные условия);
2. Глубины и основание дна (грунты);
3. Волновое и размывающее воздействия со стороны акватории;
4. Экологические риски;
5. Особые нагрузки (сейсмические, штормовые и проч.).

Существуют различные способы создания намывных территорий, однако общий принцип и последовательность технологического процесса одинаковые. Сначала образуют «тело» будущей суши, которое представляет собой оградительное сооружение. Затем, откачивая воду, заполняют остров грунтом до проектной отметки.

Выбор типа оградительного сооружения и его размеров зависит от характера воздействия на него со стороны акватории. На практике применяют ж/б стены с ребрами жесткости, ж/б сваи, металлические шпунтовые стены, конструкции из бревен и ряжей, массивную конструкцию из крупных камней или просто естественный откос с укреплением берега от размыва. Такие сооружения должны выдерживать волновые воздействия со стороны моря, при этом должны сохранять целостность намытой территории

В качестве намывного грунта предпочтение отдается, в основном, морскому песку, который имеет модуль крупности в пределах 2 и выше. Перспек-

тивным является направление по использованию переработанного мусора. Доставка грунта на строительный объект может осуществляться как по суше, так и по морю. Первый способ применим, если намывная территория не требует больших земельных ресурсов. В этом случае грунт доставляют и вываливают с помощью грузовых машин, а замет разрабатывают бульдозерами и экскаваторами. Способ доставки по морю дешевле и технологически проще при необходимости больших земельных затрат, т.к. грунт в больших количествах можно доставить на грузовых баржах, а затем выгрузить на территорию намыва по пульпопроводам.

При образовании искусственных территорий необходимо учитывать характер работы подстилающих грунтов. Поэтому при засыпке грунта в «тело» принимают запас на уплотнение в зависимости от типа донных грунтов. При недостаточной прочности таких грунтов необходимо предусмотреть мероприятия по их усилению. Также особое внимание уделяют дренажной системе для удаления избытка дождевых вод; при сооружении ограждения по береговой линии предусматривают дополнительную гидроизоляцию.

3. Технология возведения намывной территории в акватории острова Котлин

Проекты намывных территорий проводят на основании результатов инженерных изысканий и полевых испытаний, где устанавливаются такие параметры, как: глубина будущей территории, подстилающие грунты, гидродинамическое воздействие со стороны акватории и прочие.

Условия будущего намывного острова не являются трудными для проведения работ. Глубины в этой местности не превышают 4 м; на дне залегают относительно прочные кембрийские грунты (глины, мелкие пески), превышение среднего уровня воды составляют до 3 м; скорости течения достаточно спокойные. Площадь намывной территории составляет 1,2 км². Намыв предполагается производить гидромеханическим способом как со стороны суши на небольших глубинах, так и со стороны залива при помощи земснарядов. В качестве заполняющего грунта будем использовать такой же морской песок, которым намывают «Морской фасад» (рис. 1).



Рис. 1

Для защиты острова от волнового воздействия будет использоваться каменная насыпь высотой 5 метров над уровнем моря. Отметки намыва будут составлять: для здания МТПУ и промежуточных опор – 5 м над средним уровнем воды; для остальной территории – 2 м (рис. 2). Для дополнительной защиты острова от размывающего воздействия предполагается заместить полосу из камней/щебня на расстоянии до 10 м от берегового ограждения (в основном на больших глубинах) (рис. 3).

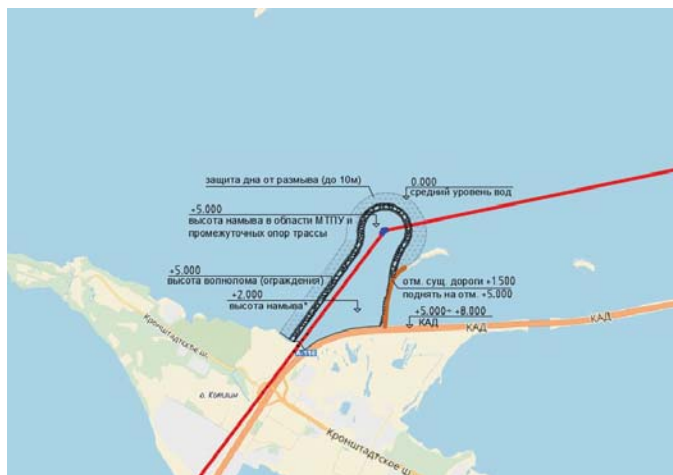


Рис. 2

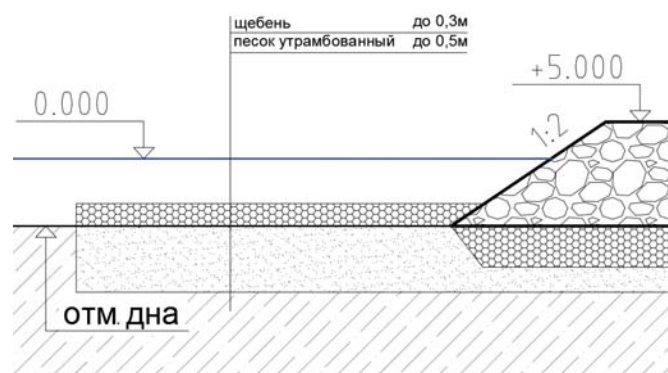


Рис. 3

Литература

1. Аэропорт Кансай посреди Тихого океана. URL: http://skatr.ru/main_news/aeroport-kansai-posredi-tikhogo-okeana.
2. The Impact of the Palm Islands, United Arab Emirates. Construction of the Islands. URL: <https://sites.google.com/site/palmislandsimpact/general-information/construction-of-the-islands>
3. «Морской фасад». Технологии образования территории. URL: <https://www.mfspb.ru/proekt-morskoj-fasad/tekhnologiya.html>.
4. Строй Спот. Технология намыва территорий. URL: https://stroyspot.ru/tehnologii/2247-tehnologiya_namyva_territorii.html.

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

УДК 691.88

Сергей Александрович Анциферов,
ст. преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение,
вентиляция, водоснабжение
и водоотведение»

Елена Александровна Усманова,
ст. преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение,
вентиляция, водоснабжение и водоотведение»
Алексей Сергеевич Сузанский,
магистрант кафедры «Теплогазоснабжение,
вентиляция, водоснабжение и водоотведение»
(Тольяттинский государственный университет)

*E-mail: salan63@mail.ru,
e.a.usmanova@gmail.com, dastian@bk.ru*

Sergey Alexandrovich Antsiferov,
Senior Lecturer of the Department «Heat,
gaz supply, ventilation, water supply
and sanitation»

Elena Alexandrovna Usmanova,
Senior Lecturer of the Department «Heat,
gaz supply, ventilation, water supply
and sanitation»

Aleksey Sergeevich Suzanskiy,
Master of the Department «Heat, gaz supply,
ventilation, water supply and sanitation»
(Togliatti State University)
*E-mail: salan63@mail.ru,
e.a.usmanova@gmail.com, dastian@bk.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ НАГРУЗКИ НА КРЕПЁЖ КОНВЕКТОРА

DETERMINATION OF THE PERMISSIBLE LOAD ON THE FASTENERS CONVECTOR

Поставлена задача, проведено обоснование и практическое сравнение результатов натурального и численного экспериментов по определению максимально допустимой нагрузки на крепёж конвектора. Представлено описание условий проведения опыта, характеристики материала исследуемой детали, приведено сравнение результатов натурального и численного эксперимента, выполненного с применением расчётно-графического пакета Solidworks simulation. Полученные результаты дают близкие, достоверные данные и позволяют в дальнейшем заменять натуральный эксперимент численным, в частности для совершенствования формы детали и выбора наиболее экономически предпочтительного материала.

Ключевые слова: крепёж конвектора; допустимая нагрузка; натуральный и численный эксперимент; расчётно-графическая программа; виртуальная модель.

The task is set, the justification and practical comparison of the results of physical and numerical experiments to determine the maximum permissible load on the convector fasteners is carried out. The article describes the conditions of the experiment, the characteristics of the material of the part under study, a comparison of the results of physical and numerical experiments performed using the calculation and graphic package Solidworks simulation. The obtained results provide close, reliable data and allow to replace the physical experiment with a numerical one, in particular, to improve the shape of the part and to select the most economically preferable material.

Keywords: convector fasteners; permissible load; physical and numerical experiment; calculation and graphic program; virtual model.

Проблема: проведение натуральных исследований/испытаний бывает достаточно затратным, трудновыполнимым и требует специальной подготовки

образцов, оборудования и персонала. Современные информационные технологии позволяют проводить большое количество численных экспериментов с использованием специальных расчётно-графических пакетов. Проведение совместных натурального и численного экспериментов позволяет сравнить сходимость результатов, проверить правильность выбранных методик исследований и расчётов.

Объект исследования: крепёж для конвектора.

Предмет исследования: прочностные характеристики.

Цель исследования: определить максимально допустимую нагрузку на крепёж конвектора.

Задачи:

- провести натурные испытания на образце;
- построить виртуальную модель и провести численный эксперимент;
- сравнить полученные результаты.

Натурный (физический) эксперимент при соответствующих условиях может показать убедительные надежные результаты. Однако, предпочтение отдается вычислительному эксперименту, в котором в качестве опытной установки применяется не конкретный физический прибор, а программа. Разработка ее и дальнейшие модификации требуют, как правило, меньших усилий, чем такие же действия над реальным объектом. В натурном эксперименте зачастую бывает сложно воспроизвести некоторые критические режимы или экстремальные условия. Таким образом, математическое моделирование оказывается одним из наиболее адекватных способов исследования.

В ходе численного эксперимента определяются пределы использования математической модели, позволяющие прогнозировать результаты в естественных условиях. Таким образом, применение вычислительного эксперимента находится в рамках математических моделей, участвующих в проведении исследования. Поэтому численный эксперимент не может заменить полностью натуральный эксперимент и в результате необходимо их разумное сочетание. При проведении сложных экспериментов применяется весь арсенал математических моделей: оптимизированные задачи, прямые и обратные задачи, а также идентификационные задачи.

Исследуемый крепёж предназначен для фиксации отопительного конвектора, с диаметром труб 20 мм в монтажном положении и передаче вертикального усилия приложенной нагрузки (вес конвектора, заполненного теплоносителем) на опорную вертикальную поверхность (стену) [2]. Количество крепёжных отверстий 2, диаметром 6 мм. Фиксация крепежа на опорной стенке выполнена двумя болтами М6х20 и должна обеспечивать точность установки конвектора на протяжении всего срока эксплуатации [6].

Представленный для испытания образец крепежа изготовлен из конструкционной углеродистой стали 08ПС толщиной 1,4 мм, механические характеристики и химический состав регламентируется ГОСТ 1050-88 [1].

Натурные испытания проводились в лаборатории: закреплённый на металлической основе крепёж последовательно нагружался 5 килограммо-

выми грузами на опорный проём. При нагрузке 5 и 10 кг возникали незаметные на глаз упругие деформации [3]. При нагрузке 15 кг опорная поверхность крепежа отошла от основы на 2-3 мм. При максимальной нагрузке 18,32 кг (рис. 1) произошла пластическая деформация, превышение предела текучести стали, форма крепежа не вернулась к первоначальной (рис. 2).

Таким образом, экспериментально установлена максимально допустимая нагрузка на крепёж – 10 кг. Отклонение не превышает $1,15 \pm 0,25$ мм при упругой деформации.



Рис. 1. Деформация крепежа при максимальной нагрузке



Рис. 2. Деформация крепежа после снятия максимальной нагрузки

Математические модели и расчётные алгоритмы, которые применяются в численном эксперименте, предполагают изучение сложных явлений, отражающих исследуемые процессы более точно и полно. Таким образом, преимущества численного эксперимента выводят его в один из главных алгоритмов исследования инженерно-технических и физических задач.

После создания математической модели выполняется ее численное исследование, которое может предсказать поведение исследуемого объекта при разных условиях и даёт возможность определять изменение характеристик, улучшать конструкцию или режим работы исследуемого объекта. Кроме того, в процессе эксперимента могут проявиться дополнительные, неизвестные ранее свойства, которые учитываются исходя из опыта ранее выполненных работ [5, 6].

Этапы компьютерного эксперимента:

1. Построение математической модели;
2. Выбор численных методов;
3. Выбор или создание программы, реализующей алгоритм расчёта;
4. Проведение расчетов и обработка полученной информации;
5. Анализ результатов расчетов, сравнение с натурным экспериментом.

Для решения задачи построена виртуальная модель крепежа и проведён статический анализ детали с применением расчётно-графического пакета Solidworks simulation производства Dassault Systèmes [4].

В таблице 1 представлены: виртуальная модель крепежа с распределением внешних нагрузок; физические свойства математической модели крепежа, необходимые для дальнейшего расчёта. В таблице 2 – свойства исследования (статического анализа).

Таблица 1

Свойства математической модели

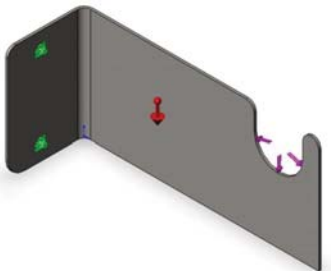
Твердое тело	Объемные свойства
	Масса: 0.138204 kg. Объем: 1.74941e-005 m ³ . Плотность: 7900 kg/m ³ . Материал: 08ПС. Тип модели: Линейный Упругий Изотропный. Предел текучести: 3.51571e+008 N/m ² . Предел прочности растяжения: 4.21e+008 N/m ² . Модуль упругости: 2e+011 N/m ² . Коэффициент Пуассона: 0.29. Массовая плотность: 7900 kg/m ³ . Модуль сдвига: 7.7e+010 N/m ² .

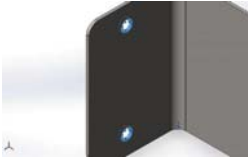

Таблица 2

Свойства исследования

Наименование	Свойства исследования
Тип анализа	Статический анализ
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Тепловой эффект:	Вкл
Термический параметр	Включить тепловые нагрузки
Температура при нулевом напряжении	298 Kelvin
Тип решающей программы	FFEPlus
Несовместимые параметры связи	Авто
Большие перемещения	Выкл
Вычислить силы свободных тел	Вкл

Таблица 3

Нагрузки и крепления

Имя нагрузки	Изображение	Данные нагрузок
Зафиксированные крепления		Объекты: 2 грани Тип: Зафиксированная геометрия; Результир. силы 98.091 N; X=1.839; Y=98.073; Z=0.017.
Сила		Объекты: 1 грани Тип: Приложить нормаль, силу. Значение: 150 N.

Геометрическая модель состоит из рёбер, которые делают поверхность на частные области, построение многоугольных областей выполняется автоматически. Координаты вершин и сетка привязки облегчают точный ввод данных с трехмерной модели, используя двусторонний интерфейс с САД-системой. Решение описанной задачи достигается при использовании метода геометрической декомпозиции, а именно, решением системы линейных алгебраических уравнений, что является вариантом метода сопряженных градиентов с предопределением матрицы. Методика расчёта матрицы основана на разбивке заданной области на частные блоки, заранее просчитанного оптимального размера, которая выполняется еще на этапе построения сетки. Результаты расчётов представлены в таблице 4 и в графической форме на рисунках 3 – 5.

Таблица 4

Результаты статического анализа

Имя	Минимальное значение	Максимальное значение
Напряжение	220.826 N/m ² . Узел: 12168.	5.35631e+008 N/m ² . Узел: 16445.
Перемещение	0 mm. Узел: 19.	2.75528 mm. Узел: 796.
Деформация	3.2927e-009. Элемент: 5313.	0.00146097. Элемент: 2282.

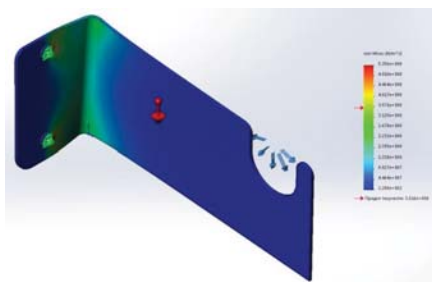


Рис. 3. Статический анализ. Напряжение

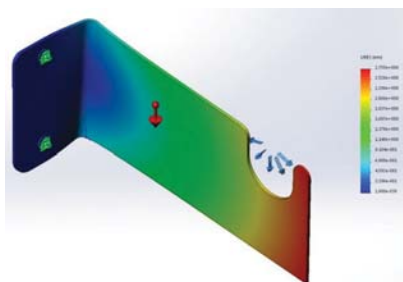


Рис. 4. Статический анализ. Перемещение

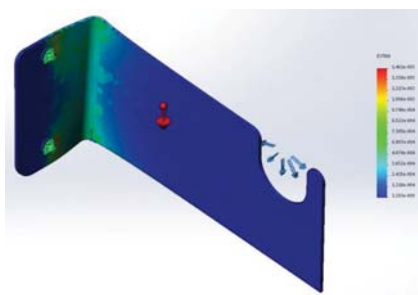


Рис. 5. Статический анализ. Деформация

Натурный и численный эксперименты дали достаточно близкие результаты и показали удовлетворительную сходимость. Сходная форма деформации показана на рисунках 2 и 5. При этом натурный эксперимент несколько проигрывает численному в точности, что связано с применением дополнительных средств измерения.

Замеры величины перемещений центра нагруженной части крепежа (вертикальная составляющая) 10 и 15 кг совпадают с результатами численного эксперимента с удовлетворительной точностью и составляют:

- при 10 кг – 1,15±0,25 мм (натурный) / 1,63 мм (численный);
- при 15 кг – 2,1±0,5 мм (натурный) / 2,07 мм (численный).

Численный эксперимент даёт возможность точно определить места наиболее подверженные деформации и механическому напряжению при различных, произвольных значениях нагрузки. Кроме того, есть возможность оперативно изменять форму и материал детали.

На рисунке 3 видно, что превышение предела текучести при нагрузке 15 кг наблюдается только возле отверстий. Металл начал подвергаться пластической деформации. При нагрузке более 18 кг происходит пластическая деформация поверхности крепежа (рис. 1, 2).

Вывод

Рассмотренная модель крепежа конвектора способна выдержать нагрузку без критических 1,15±0,25 мм деформаций до 10 кг. При нагрузке 15 кг (рассмотренный вариант) происходит упругая деформация в месте приложения нагрузки 2,1±0,5 мм и незначительная пластическая деформация возле отверстий. Таким образом, критическая нагрузка на крепёж конвектора на должна превышать 10 кг.

Сравнение результатов дают близкие достоверные данные и позволяют в дальнейшем заменять натурный эксперимент численным, в частности для совершенствования формы детали и выбора наиболее экономически предпочтительного материала.

Литература

1. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.
2. ГОСТ 31311-2005. Приборы отопительные. Общие технические условия.
3. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Арзамасов Б.Н., Соловьева Т.В., Герасимов С.А., Под ред. Арзамасова Б.Н. - М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 640 с.
4. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. - М.: изд. ДМК Пресс, 2015. - 562 с.
5. Анциферов С.А., Филенков В.М. Аprobация экспериментального стенда для определения гидравлического сопротивления шероховатой трубы // Вестник НГИЭИ. 2015. № 6 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aprobatsiya-eksperimentalnogo-stenda-dlya-opredeleniya-gidravlicheskogo-soprotivleniya-sherohovatoj-truby> (дата обращения: 30.01.2019).
6. Анциферов С.А., Усманова Е.А. Анализ влияния внутренней коррозии на эксплуатацию трубопроводов // Вестник НГИЭИ. 2015. №6 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-vnutrenney-korrozii-na-ekspluatatsiyu-truboprovodov> (дата обращения: 30.01.2019).

УДК 628.81

Богданова Анна Дмитриевна, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: nuttochka96@yandex.ru

Bogdanova Anna Dmitrievna, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nuttochka96@yandex.ru

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

TEST METHODS FOR HEATING APPARATUS

Большая часть отопительных приборов, которые применяются при строительстве и капитальном ремонте, характеризуется в значительной степени завышенными показателями теплоотдачи, что касается не только приборов российского, но и зарубежного производства. Связано это в первую очередь с тем, что отечественные и зарубежные методы испытания отопительных приборов имеют существенные различия. Пренебрежение этими различиями и использование данных без корректировки может привести к ряду критических ошибок уже на стадии проектирования. В данной работе рассматривает вопрос о возможности унификации методов испытаний отопительных приборов в численной модели испытательной камеры.

Ключевые слова: отопительный прибор, сертификация отопительных приборов, методы испытаний отопительных приборов, испытательная камера, испытательный стенд.

The most of the heating apparatus that are used in the civil engineering and overhaul are characterized by largely overestimated heat transfer rates, as regards not only Russian, but also foreign production. Primarily due to the fact that domestic and foreign methods for testing heating apparatus have significant differences. Neglecting these differences and using data without adjustment can lead to a number of critical errors already at the design stage already. In this paper, we consider the possibility of unifying test methods for heating apparatus in a numerical model of a closed, non-ventilated, equipped with water-cooled internal surfaces of the walls test chamber.

Keywords: heating apparatus, certified compliance, test methods for heating apparatus, test booth, test stand.

Каждый отопительный прибор проходит ряд испытаний и проверок на соответствие нормативной документации [1-3]. Для обеспечения безопасной эксплуатации приборов проводятся испытания на соответствие показателей, которые гарантируют, например, что данный отопительный прибор способен выдержать перепады давления в теплосетях.

Большая часть отопительных приборов, используемых при строительстве и капитальном ремонте, представлена с завышенными тепловыми характеристиками. Значительную долю здесь занимают импортные отопительные приборы.

Постановлением Правительства РФ № 717 от 17 июня 2017 года «О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2009 г. № 982» введена обязательная сертификация радиаторов систем отопления и отопительных конвекторов. По мнению законодателей, это будет способствовать снижению доли небезопасной и некачественной продукции на российском рынке» [1]. Теперь для всех производителей отопительных приборов становится обязательным соблюдение требований ГОСТ [2]. Сертификация обязует производителей испытывать приборы согласно этому документу.

Испытания проводятся с использованием следующего оборудования [3]:

- испытательная камера (закрытая, неветилируемая, оснащенная водоохлаждаемыми внутренними поверхностями стенок, которые обеспечивают заданные температурные условия вне зависимости от места нахождения камеры), в которую помещается тестируемый отопительный прибор;
- устройства для охлаждения и циркуляции воды, протекающей в стенках камеры;
- контура теплоносителя, для обеспечения питания испытываемого отопительного прибора;
- измерительное и контрольное оборудование.

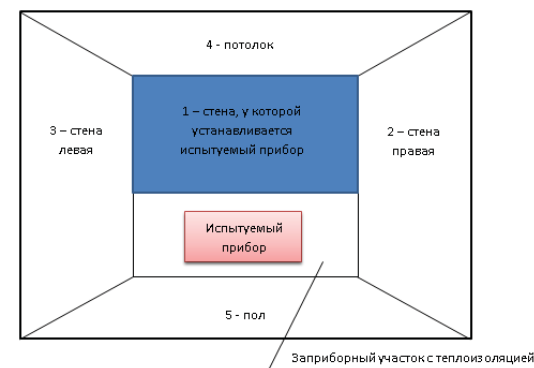


Рис. 1. Испытательная камера по ГОСТ Р 53583-2009

Существует два метода определения номинального теплового потока (теплоотдачи) отопительного прибора. Водяной метод, или метод взвешивания, заключается в измерении расхода воды, проходящей через прибор, и определении разности энтальпий воды на входе и на выходе. Электрический метод основан на измерении электрической мощности, подводимой к отопительному контуру.

Технические характеристики отопительных приборов, поставляемых из-за границы, значительно отличаются от данных, полученных в соответствии российскими нормативами. Так, импортные приборы декларируются более высокими показателями не только значений номинального теплового потока, но и прочностными, эксплуатационными свойствами, но коэффициент местного гидравлического сопротивления при этом ниже. Среди основных причин, вызвавших такие расхождения, можно выделить различия в методиках испытаний и иными условиями эксплуатации [4].

С тех пор, как российский рынок отопительных приборов стал открыт для импортного товара, появилась необходимость ввода единых стандартов и методов испытаний. При продаже импортных отопительных приборов продавцы предоставляют данные, просто переведя их на русский язык, абсолютно не корректируя эти значения. Подобная, пусть даже и бессознательная, фальсификация данных о приборе приводит к многочисленным аварийным ситуациям и нарушениям работы систем отопления. При использовании за-

граничных приборов при проектировании следует выполнять подбор и расчет с учетом корректировки его характеристик.

Несоответствие методик испытания приборов наглядно представлено в таблицах 1 и 2. Сравнительный анализ условий испытания отопительных приборов по ГОСТ Р 53583-2009 и EN 442-2 [5] показал, что практически по всем критериям оценки приборы российского производства выдают значения теплового потока значительно ниже, чем их зарубежные аналоги. В среднем прибор, тестируемый за рубежом, имеет тепловую мощность на 5–8% больше, чем тот же прибор, прошедший испытания в России [4].

К сожалению, ввести единый международный документ соответствия и единые методы испытаний отопительных приборов не представляется возможным. Это связано и с тем, что каждая страна характеризуется своими климатическими условиями. Системы отопления в России заметно отличаются от европейских двухтрубных низкотемпературных. Использование двойных стандартов тоже не является выходом из ситуации. Это неизбежно приведет к путанице, которая может спровоцировать не только неправильный подбор приборов на этапе проектирования, но и увеличит количество аварийных ситуаций на стадии эксплуатации, связанных с неполадками в системах отопления.

Обязательная сертификация приборов отопления должна способствовать снижению обманной рыночной политики недобросовестных производителей. Однако, на пути формирования здорового рынка на территории РФ, стоит ряд трудностей. Во-первых, испытания приборов необходимо проводить в независимых лабораториях, оснащенных грамотно оборудованными испытательными стендами и камерами. В России таковых крайне мало. Во-вторых, недостаток подготовленных специалистов, которые могли бы проводить тестирование приборов. В-третьих, несовершенство отечественной нормативной базы. Существующие ГОСТы на отопительные приборы требуют существенной корректировки. И, наконец, значительные денежные расходы на проведение испытаний. Обязательные испытания, несомненно, приведут к росту цен на приборы отопления.

Таблица 1

Сравнение методик испытания отопительных приборов по ГОСТ Р 53583-2009 и EN 442-2

Наименование характеристик	ГОСТ Р 53583-2009	EN 442-2
1. Нормальные условия: – температурный напор, °С – расход теплоносителя, кг/ч – разность температур на входе в прибор и выходе из него, °С	70 360 Переменная	50 Переменный 10
2. Характеристики испытываемых отопительных приборов: – тепловой поток при нормальных условиях, Вт – количество секций в радиаторе, шт. – длина нагревательного элемента конвектора, м	800 – 1200 переменное переменная	переменный 10 1

Окончание табл. 1

Наименование характеристик	ГОСТ Р 53583-2009	EN 442-2
3. Характеристики испытательной камеры: – длина, м – ширина, м – высота, м – количество охлаждаемых поверхностей, шт.	3,4±0,6 3,4±0,6 2,5±0,3 4 (кроме пола и противоположной стенки). Заприборный участок утеплен.	4±0,02 4±0,02 3±0,02 5 (кроме стены за отопительным прибором)
4. Температура воздуха в камере, °С	20 ± 1,5	20 ± 0,5
5. Разность между температурами воздуха и охлаждаемых поверхностей, °С	4	не нормируется

Таблица 2

Сопоставления условий испытания

№ п/п	EN 442-2	ГОСТ Р 53583-2009	Оценка результатов испытаний
1	Охлаждаются 5 ограждений: пол, боковые и противоположная прибору стены; за прибором стена не охлаждается	Охлаждаются 4 ограждения: боковые стены и потолок, стена за прибором охлаждается, заприборный участок утеплен, поли противоположная прибору стена не охлаждается	Номинальный тепловой поток по ГОСТ ниже, соответствие реальным условиям эксплуатации
2	Расход переменный при заданном перепаде температур между входом и выходом прибора (10 °С). Поправок на расход, как правило, нет	Расход 360 кг/ч, при необходимости вносится поправка на расход при обработке данных испытаний и при расчете системы отопления	При европейском методе возможна погрешность при определении мощности отопительного прибора и расчете системы отопления
3	Постоянство коэффициента наружной теплоотдачи по высоте отопительного прибора (граничные условия второго рода)	Постоянство температур наружной поверхности отопительного прибора (граничные условия первого рода)	Номинальный тепловой поток из-за различия в граничных условиях теплообмена по ГОСТ ниже
4	Представительный типоразмер приборов из 10 секций секционных или длиной 1 м (остальных)	Номинальный тепловой поток представительного типоразмера должен быть в пределах 800-1200 Вт	По европейским нормам у секционных радиаторов практически совпадение значений номинального теплового потока с определенными по ГОСТ; у остальных – завышение теплового потока

Однако, благодаря современным программам, есть возможность создать виртуальную модель камеры по всем требованиям ГОСТ и, если модель окажется работоспособной, провести испытания отопительного прибора в рамках численного эксперимента. Тема, однозначно, является крайне актуальной. Проведение испытаний в виртуальной испытательной камере в разы сократит затраты производителей отопительных приборов.

Целью исследования является проведение сравнительного анализа методов испытаний по отечественным и европейским стандартам на основе численного эксперимента.

Среди задач можно выделить следующие: рассмотреть методы испытательных приборов в России и за рубежом; смоделировать два варианта испытательных камер: упрощенную и подробную, а также отопительные приборы для испытания их в камере; провести численный эксперимент – испытание отопительного прибора в смоделированной испытательной камере; соотнести результаты испытаний в реальной камере и результаты численного эксперимента.

Если численная модель испытательной камеры окажется работоспособной, то проведение испытаний в виртуальной камере станет отличной альтернативой реальному тестированию приборов.

Литература

1. Обязательная сертификация отопительных приборов. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6734 (дата обращения 25.01.2019).
2. ГОСТ 31311–2005. Приборы отопительные. Общие технические условия. М.: МНТКС, 2005. 7 с.
3. ГОСТ Р 53583–2009. Приборы отопительные. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2010. 15 с.
4. Сасин В.И. Отопительный прибор: доверяй проверяя. Статья из журнала «Аква-Терм». №6. 2016. URL: https://aqua-therm.ru/articles/articles_434.html (дата обращения 29.01.2019).
5. Сасин В.И. О некоторых проблемах испытаний отопительных приборов. URL: <http://isjournal.ru/wp-content/uploads/2017/05/статья-Сасина-на-верстку-1.pdf> (дата обращения 29.01.2019).

УДК 697.911

Андрей Сергеевич Боровик, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: brvck.ndr@yandex.ru

Andrey Sergeevich Borovik, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: brvck.ndr@yandex.ru

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СОВРЕМЕННОМ ЖИЛОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

VENTILATION SYSTEMS APPLICATED IN MODERN HOUSING CONSTRUCTION

В настоящее время сфера жилого строительства является самой массовой во всей строительной индустрии. Несмотря на общее развитие отрасли, и постепенное внедрение

современных технологий, основным видом применяемой системы вентиляции является система с естественным побуждением движения воздуха. Выбор в ее пользу принимается, в большинстве случаев, в первую очередь из технико-экономических соображений. Но она не является универсальной системой, так как каждое здание, так или иначе уникально, будь то реконструируемое панельное здание, современный многоэтажный комплекс или дом на две семьи. Зарубежный опыт показывает другие способы решения проблем с качественным воздухообменом в жилых помещениях.

Ключевые слова: система вентиляции, современное жилое строительство, естественная вентиляция, механическая вентиляция.

In present days modern housing construction takes the most massive part of building industry. Despite of general development of the industry, and gradual introduction of modern technologies, natural ventilation systems still primary type of ventilation systems that are used. In the most cases, it chosen first of all because of economic reasons. But these systems are not universal, because each building is unique in one or another way, whether it reconstructed building, new high-rise building or house for two families. Foreign experience reveals many other ways for solving problem of qualitative exchange of air at living spaces.

Keywords: ventilation system, modern housing construction, natural ventilation, mechanical ventilation.

Устройство системы вентиляции является неотъемлемым требованием для комфортного пребывания человека в зданиях и сооружениях. Количество уникальных зданий и сооружений с каждым годом растет, а число систем вентиляции остается неизменным, так как наиболее эффективные системы из применяемых модернизируются постоянно, а разработать принципиально новую схему эффективнее существующих и превосходящую их всех сразу по всем параметрам – не представляется возможным. К тому же работа системы вентиляции зависит от формы здания, количества этажей, уровня уличного шума и загрязненности уличного воздуха. Поэтому модернизация уже применяющихся систем является наиболее выгодным путем развития.

Классическая система естественной вентиляции, изображенная на рис. 1 и 2, применяемая в жилом строительстве, используется во всех странах СНГ и Европы. Работа такой системы основана на основных принципах физики – движение воздуха происходит из-за разности температуры воздуха внутри помещения и снаружи, а также зависит от силы ветра снаружи. Эффективность такой системы не всегда отвечает предъявляемым к ней требованиям. Нередки случаи, когда через вытяжное отверстие воздух поступает в помещение. Причин тому может быть множество, основные из которых – ошибки при проектировании и монтаже. Также большую роль играют используемые строительные материалы: кирпич и дерево лучше пропускают инфильтрационный воздух чем бетон, покрытый, к тому же, отделочными материалами. Но, несомненно, главным преимуществом такой системы является ее полная энергонезависимость.

В Восточной Германии в процессе реконструкции панельных зданий, построенных еще в 60-х и 70-х годах прошлого века, были модернизированы и системы вентиляции. Предусмотрена централизованная вытяжная система с поквартирно изменяющимся расходом воздуха [1]. Применение такой системы имеет такие преимущества как: возможность регулирования системы вентиляции в каждой квартире независимо от остальных, простоту эксплуатации, энергосбережение, уменьшение уровня шума.



Рис. 1. Направления движения воздуха при использовании системы естественной вентиляции

В современном жилом строительстве, вследствие использования более герметичных окон, все чаще находят применение воздушные или аэрационные клапаны, устанавливаемые в пространстве под подоконником. Также применительно к естественной вентиляции на кровле на общей вытяжной шахте устанавливаются дефлекторы или осевые вентиляторы. Оба этих устройства увеличивают тягу. Если предусмотрена установка вентилятора, то такая система квалифицируется уже как система с механическим побуждением движения воздуха.

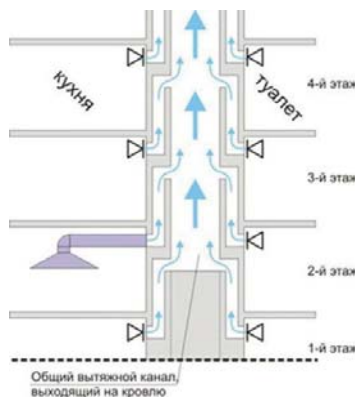


Рис. 2. Схема естественной системы вентиляции в многоэтажном здании

Системы механического притока воздуха обладают несомненными достоинствами, такими как: возможность обработки приточного воздуха, в том числе и очистку от пыли, возможность организации воздухораспределения, независимость от погодных условий, обеспечение постоянного расчетного воздухообмена и возможность применения теплоутилизационных аппаратов, увеличивающих энергоэффективность установки.

Наиболее эффективно потребность в воздухообмене жилых помещений восполняет приточно-вытяжная система вентиляции (рис. 3 и 4).

Среди недостатков приточных систем с механическим побуждением движения воздуха наиболее существенными являются дороговизна и необходимость в выделенном помещении, последнее относится к централизованной установке, снабжающей приточным воздухом несколько квартир. Энергозависимость и шум от работы оборудования, являются также важным недостатком любой системы с механическим движением воздуха.

Широко распространенными являются поквартирные системы вентиляции (рис. 4). Представляют они собой блок с оборудованием, устанавливаемый у наружной стены с внутренней стороны или в пространстве фальш-потолка, систему воздухопроводов и воздухораспределительные устройства, работающие как на приток, так и на удаление воздуха. Блок, как правило, имеет в своем составе рекуперативный теплоутилизатор, улучшающий энергоэффективность. Удаление воздуха производится из пространств санузлов и кухни, а приточный подогретый воздух подается в комнаты и коридоры. Такие системы пользуются особым успехом в малоэтажном и частном строительстве комфорт-класса.

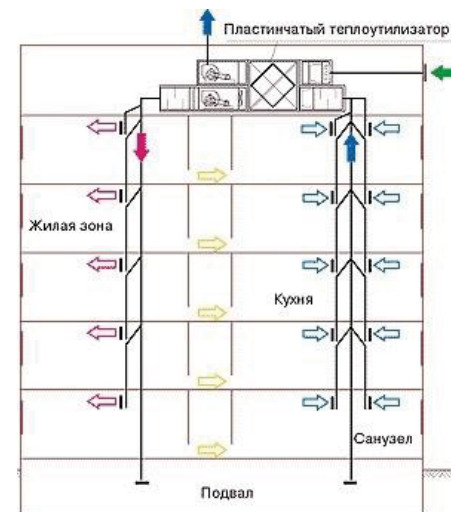


Рис. 3. Схема механической приточно-вытяжной системы вентиляции

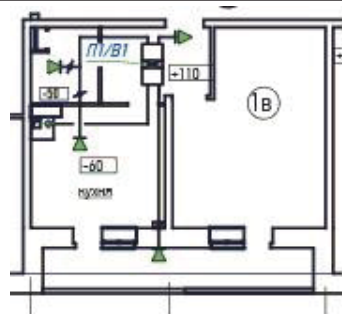


Рис. 4. Фрагмент плана многоэтажного здания, с поквартирной системой вентиляции

Литература

1. Кищенко С. Опыт разработки энергоэффективных систем вентиляции для жилых домов // Кищенко С., Шретер Г. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=57 (дата обращения: 04.02.2019)
2. Табунщиков Ю.А., Малявина Е.Г., Дионов С.Н. Механическая вентиляция – путь к комфорту и энергосбережению. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=58 (дата обращения: 05.02.2019)
3. Серов С. Ф., Милованов А. Ю. Поквартирная система вентиляции с утилизаторами теплоты. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5469 (дата обращения: 11.02.2019)

УДК 621.438

Владислав Евгеньевич Доброгорский, студент
Николай Степанович Пономарев,
канд. физ.-мат. наук,
доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: volkman058@mail.ru

Vladislav Evgenyevich Dobrogorskiy, student
Nikolai Stepanovich Ponomarev,
PhD of Physics and Mathematics,
Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: pnmrv17@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ КВОУ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ РАСПОЛАГАЕМОЙ МОЩНОСТИ ГТУ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

FEATURES OF MODERNIZATION OF KVOU TO REDUCE THE LIMITATIONS OF THE AVAILABLE CAPACITY OF GTU IN CONDITIONS OF HIGH OUTDOOR TEMPERATURE

В работе рассмотрено влияние параметров наружного воздуха на мощность и коэффициент полезного действия газотурбинной установки, работающей по циклу Брайто-

на. Показана зависимость коэффициента полезного действия от температуры наружного воздуха и степени повышения давления в компрессоре. Рассчитаны расходы топлива и воздуха при разных значениях температуры последнего перед компрессором. Целью данной статьи является рассмотрение основных особенностей модернизации комплексных воздухоочистительных устройств, а также выявление конструктивных и эксплуатационных нюансов таких систем.

Ключевые слова: газотурбинная установка, компрессор, коэффициент полезного действия, энергия.

The paper considers the influence of the parameters of the outside air on the power and efficiency of a gas turbine plant operating in the Brayton cycle. The dependence of the efficiency of the outdoor temperature and the degree of pressure increase in the compressor is shown. Calculated fuel and air consumption at different temperatures of the latter before the compressor. The purpose of this article is to review the main features of the modernization of integrated air-cleaning devices, as well as to identify the structural and operational nuances of such systems.

Keywords: Gas turbine unit, compressor, efficiency, compressed air, energy.

Газотурбинная установки (ГТУ) – энергетическая установка, предназначенная для выработки электрической энергии. В её состав входит компрессор, камера сгорания (КС) и газовая турбина. Воздух, в качестве рабочего тела, сжимается в компрессоре. После компрессора газ поступает в камеру сгорания, где он нагревается за счет теплоты, образовавшейся в результате сжигания топлива (природный или попутного нефтяного газ, мазут, дизельное топливо). Далее нагретый сжатый воздух поступает в газовую турбину, где, расширяясь, совершает полезную работу, а затем выбрасывается в атмосферу или поступает на вход в котел-утилизатор (КУ).

Все стационарные энергетические газотурбинные установки в мире проектируются по стандарту ИСО 2314:2009 [1] на условия атмосферного воздуха: $p_{н.в.} = 101,3$ кПа, $t_{н.в.} = +15$ °C и $\varphi = 60$ %. Однако параметры наружного воздуха в процессе эксплуатации ГТУ значительно отличаются от стандартных. Мощность и коэффициент полезного действия (КПД) ГТУ, работающих по простейшему циклу Брайтона, существенно зависят от параметров поступающего воздуха (температуры, давления и влажности) [2].

До половины энергии газотурбинной установки расходуется на сжатие воздуха в компрессоре, а, следовательно, эффективность работы последнего сильно влияет на коэффициент полезного действия всей установки. Так, например, при снижении удельной работы сжатия в компрессоре на 1 % КПД ГТУ возрастает примерно на 2 %. При увеличении температуры наружного воздуха, мощность газотурбинной установки снижается. Поэтому, при эксплуатации ГТУ в климатических условиях Санкт-Петербурга большие ограничения мощности на ней будут наблюдаться в летний период.

Поэтому производители газотурбинных установок часто используют различные системы охлаждения всасываемого воздуха. Эффект повышения

мощности можно достичь, например, за счет испарения впрыскиваемой воды и, как следствие, понижения температуры воздуха и увеличения на входе в компрессор его массового расхода со 100 % относительной влажностью [3].

На рисунке 1 представлены зависимости коэффициента полезного действия газотурбинной установки η_i от степени повышения давления π в компрессоре при различных значениях температуры в камере сгорания [3]. Анализ влияния степени повышения давления в компрессоре дает понять, что при увеличении этого параметра КПД установки растет значительно, но есть предел, после которого увеличение степени сжатия незначительно влияет на коэффициент полезного действия, либо вообще приводит к снижению эффективности ГТУ.

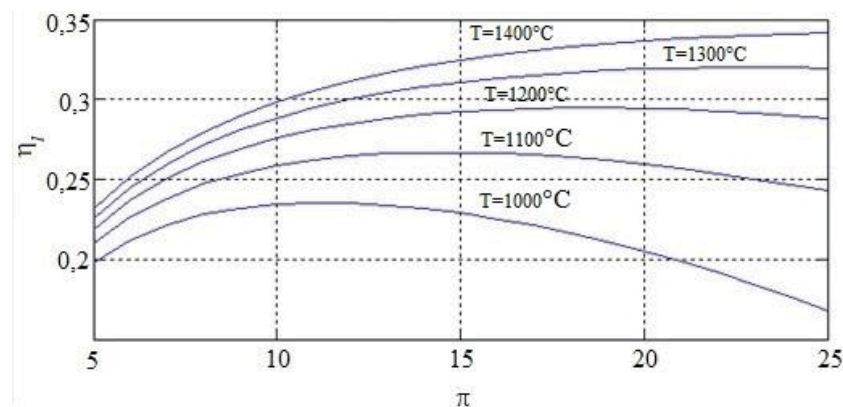


Рис. 1. Зависимости КПД ГТУ от степени повышения давления при различных значениях температуры в камере сгорания

Влияние температуры наружного воздуха на эффективность ГТУ также велико. Номинальная мощность газотурбинных установок согласно ИСО 2314:2009 [1] рассчитана на температуру воздуха перед компрессором $+15^\circ\text{C}$. Однако температура воздуха всегда меняется в широком диапазоне. Например, в Санкт-Петербурге температура наружного воздуха может изменяться в пределах от -36 до 37°C . Такая разница по значениям температуры оказывает сильное влияние на КПД ГТУ. На рисунке 2 [2] показана зависимость коэффициента полезного действия η_i от температуры наружного воздуха t_1 . Из рисунка видно, что при повышении температуры наружного воздуха в указанном интервале КПД ГТУ уменьшается от 35,5 до 31 %.

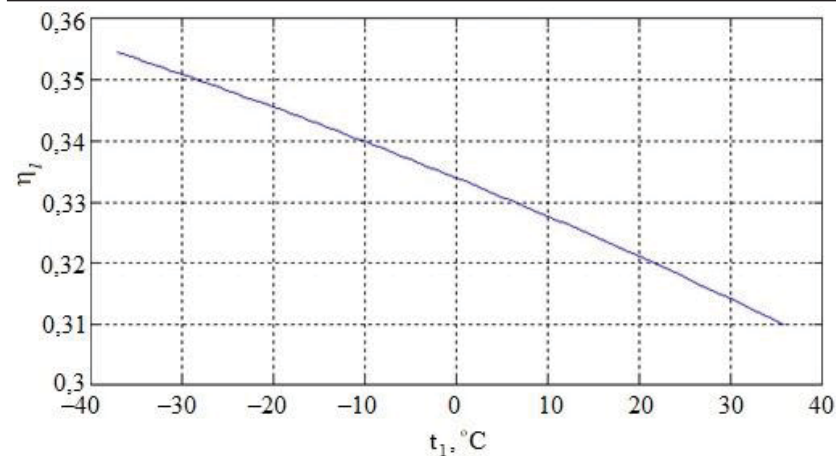


Рис. 2. Зависимость КПД ГТУ от температуры воздуха перед компрессором

В таблице 1 [1] представлены рассчитанные параметры ГТУ Ansaldo Energia V64.3A в зависимости от температуры воздуха T_1 перед компрессором при стационарном режиме работы оборудования. Анализ параметров газотурбинной установки, представленных в таблице, показывает, что с понижением температуры воздуха перед компрессором наряду с увеличением КПД установки наблюдается снижение удельных и часовых расходов воздуха и топлива, а также денежных затрат на последнее.

Климатические условия в Санкт-Петербурге имеют тенденцию к росту средних температур, а для увеличения эффективности работы ГТУ необходимо снижать температуру воздуха перед компрессором. На данный момент известно несколько решений этой проблемы. Для уменьшения температуры перед компрессором могут применяться:

- испарительные охладители;
- система мелкодисперсного распыла в воздушном потоке с ее последующим испарением, расположенная после фильтров тонкой очистки и перед блоком шумоглушителя в комплексном воздухоочистительном устройстве (КБОУ);
- установка в воздушном потоке водовоздушного теплообменника, в который подается холодная вода, охлаждаемая в специальной холодильной машине (АБХМ).

Расчёт КПД ГТУ Ansaldo Energia V64.3A

Наименования параметров	Значения параметров при различных температурах воздуха перед компрессором T_1 , К									
	303	298	293	288	283	278	273	268	263	258
Мощность турбины, МВт	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Степень повышения давления, л	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Давления воздуха за компрессором p_2 , МПа	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Температура воздуха за компрессором T_2 , К	723	711	699	688	676	664	652	640	628	616
Работа сжатия компрессора, l_{jk}	425	418	411	404	396	389	382	375	368	361
Давление после КС, МПа	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Степень понижения давления л ₁	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
Температура перед ГТУ T_3 , К	1373	1373	1373	1373	1373	1373	1373	1373	1373	1373
Температура после ГТУ T_4 , К	777	777	777	777	777	777	777	777	777	777
Работа расширения турбины l_{ie} , кДж/кг	709	709	709	709	709	709	709	709	709	709
Полезная работа l_i , кДж/кг	284	291	298	305	312	319	326	333	340	347
Тепловая мощность КС $Q_{ке}$, кДж/кг	882	894	906	919	931	943	956	968	980	993
КПД η_i , %	32	33	33	33	34	34	34	34	35	35
Удельный расход топлива b_i , г/(кВт·ч)	224	221	219	217	215	213	211	209	208	206
Часовой расход топлива B , т/ч	11,2	11,1	11,0	10,8	10,7	10,6	10,6	10,5	10,4	10,3
Удельный расход воздуха d_i , г/кДж	3,5	3,4	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	2,9	2,9
Расход воздуха в цикле D , кг/с	176	172	168	164	160	157	153	150	147	144
Мощность турбины при неизменном расходе воздуха, МВт	46,6	47,7	48,9	50,0	51,2	52,3	53,4	54,6	55,7	56,9
Затраты на топливо, млн. руб./месяц	48,3	47,8	47,3	46,8	46,4	46,0	45,6	45,2	44,8	44,5

Испарительные охладители являются малоэффективными, но самыми простыми в использовании и дешевыми. Кроме того, они создают дополнительное сопротивление в газовом тракте.

Установка в воздушном потоке водовоздушного теплообменника, в который подается холодная вода, охлаждаемая в специальной холодильной машине (АБХМ), наоборот, является сложной в эксплуатации, а также дорогой в обслуживании и монтаже, но самой эффективной, с возможностью до охлаждения воздуха перед компрессором до нужной температуры [2].

Самым оптимальным является метод мелкодисперсного распыла охлаждающей воды в КВОУ, так как это обойдется дешевле установки АБХМ в несколько раз, проще в эксплуатации, с возможностью регулирования температуры воздуха перед входом в компрессор [4].

Оптимальное количество воды, необходимое для системы испарения ГТУ Ansaldo Energia V64.3A, составляет 30 л/мин. Коллектор распылитель с форсунками (~125 штук) мелкодисперсного распыления размещается в комплексном воздухоочистительном устройстве между фильтров тонкой очистки и блоком шумоглушителя. В коллекторе-распылителе устанавливается 5 ступеней охлаждения. Количество работающих ступеней зависит от температуры t_1 и относительной влажности ϕ_1 наружного воздуха. Расположение форсунок перед шумоглушителем позволяет увеличить время испарения капель воды.

Литература

- ГОСТ Р 55798-2013 (ИСО 2314:2009/ISO 2314:2009)-2015
- Зейгарник Ю. А. Отчет о НИР на тему: «Разработка научно-технических решений по высокодисперсному впрыску воды в тракты газотурбинных установок» // 2009. С. 2-6.
- Скворцов А. В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение параметров газотурбинных установок путем впрыска воды в проточную часть и оптимизации рабочего процесса в компрессоре» // ИЦ ОАО «ГТ-ТЭЦ-ЭНЕРГО», 2010. С. 5-12
- Буданов Н. В. Взрывное вскипание диспергированных жидкостей // Издательство УрГУПС, 2011. С. 3

УДК 628.853

Арсалан Чингизович Зандараев, студент
Татьяна Анатольевна Рафальская,
канд. техн. наук, доцент
(Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru

Arsalan Chingizovich Zandaraev, student
Tatyana Anatolevna Rafalskaya,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Novosibirsky State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО- И ВЛАГООБМЕНА В ФОРСУНОЧНЫХ КАМЕРАХ ОРОШЕНИЯ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

PROCESSES OF HEAT- AND MOISTURE EXCHANGE IN FORCELETS IRRIGATION CAMERAS AND THEIR EFFICIENCY

В системах кондиционирования воздуха широкое распространение получили различные типы контактных аппаратов. В форсуночных камерах орошения поверхность контакта образуется каплями воды, разбрызгиваемой форсунками. Существующие методы

расчета не позволяют дать термодинамическую оценку протекающим процессам тепло- и влагообмена с учётом их направленности. Все используемые в настоящее время методы основываются только на накопленных экспериментальных данных. Получение аналитических зависимостей для описания процессов тепло- и влагообмена возможно путём математического моделирования в ПК ANSYS.

Ключевые слова: камера орошения, форсуночная камера, влажность воздуха, температура воздуха, процесс тепло- и влагообмена.

In air conditioning systems, various types of contact devices are widely used, in which heat and humidity treatment of the incoming air is carried out in a wide range of changes in its parameters. One of the ways to improve air conditioning and ventilation systems is to increase their heat and power efficiency. In spray irrigation chambers, the contact surface is formed by droplets of water sprayed by nozzles. The contact area strongly depends on the number of drops, their size, the speed of movement relative to the air and the trajectory of movement in the working space of the irrigation chamber. In turn, these parameters are affected by the nozzle design, water pressure, direction of water release relative to air, etc. Existing methods of calculation do not allow giving a thermodynamic assessment of heat and moisture exchange processes taking into account their orientation. All currently used methods are based only on accumulated experimental data. Obtaining analytical dependencies for describing the processes of heat and moisture exchange is possible by means of mathematical modeling in ANSYS.

Keywords: irrigation chamber, nozzle chamber, air humidity, air temperature, heat and moisture exchange process.

Введение

Энергия, потребляемая в системах отопления, вентиляции и кондиционирования, составляет примерно 20% от общего потребления энергии [1].

Системы кондиционирования воздуха являются средством создания и поддержания искусственных климатических условий. Развитие новых современных производств, требует обеспечения строго определенных параметров воздуха для ведения технологических процессов. Возрастают требования к облегчению условий труда и повышению его производительности. Строительство закрытых уникальных зданий для длительного пребывания большого количества людей также требует поддержания оптимальных параметров микроклимата.

В системах кондиционирования воздуха и вентиляции, температура и влажность поступающего воздуха в помещение являются основополагающими параметрами. Для их подготовки имеются различные секции в центральном кондиционере, одной из самых широко используемых, и в то же время наименее экспериментально изученной, вследствие большого разнообразия исходных параметров, является секция камеры орошения (КО).

Процессы тепло- и влагообмена в камере орошения

Атмосферный воздух – это смесь сухого воздуха с водяным паром. В зависимости от влажности воздуха доля водяного пара меняется как в большую, так и меньшую сторону. Камеры орошения создают в объёме своей секции область «дождя» или тумана в зависимости от размера капель, распыляемых в форсунках и их количества. Во время прохождения данных областей в потоке воздуха происходит улавливание мелкодисперсных частиц, что дает дополнительную очистку.

Вблизи поверхности растущей частицы существует так называемое стефановское течение – гидродинамический поток газа, направленный к частице [2].

Процесс термовлажностной обработки воздуха в оросительных камерах кондиционеров водой с постоянной температурой можно представить на $i-d$ -диаграмме лучами, лежащими в пределах треугольника AHB . Точка H характеризует параметры воздуха перед секцией камеры орошения, а кривая AB параметры состояния воды для обработки воздуха. Точки 2 и 4 равны температуре точки росы и температуре мокрого термометра, соответственно.

Обработка воздуха осуществляется по политропным и адиабатным процессам, см. рис. 1 (τ_w – температура воды, $t_{м.т}$ – температура мокрого термометра, $t_{т.р}$ – температура точки росы):

– $H-1$ линия охлаждения воздуха и его осушение, $\tau_w < t_{т.р}$;

– $H-2$ – сухое охлаждение, $\tau_w = t_{т.р}$, $d_H = \text{const}$ за счет контакта парогазового потока с каплями;

– $H-3$ – охлаждение и увлажнение воздуха за счет испарения капель и поступления жидкости в поток, $t_{т.р.} < \tau_w < t_{м.т}$;

– $H-4$ протекает по линии $i_H = \text{const}$. Адиабатный процесс;

– $H-5$ – увлажнение и охлаждение по сухому термометру или увлажнение и нагревание воздуха по полной теплоте, температура воды находится между точками 4 и 6;

– $H-6$ протекает по линии $t_H = \text{const}$. Процесс изотермический, характеризуется отсутствием явного теплообмена;

– $H-7$ – нагрев и увлажнение и воздуха, температура воды находится между точками 6 и 8.

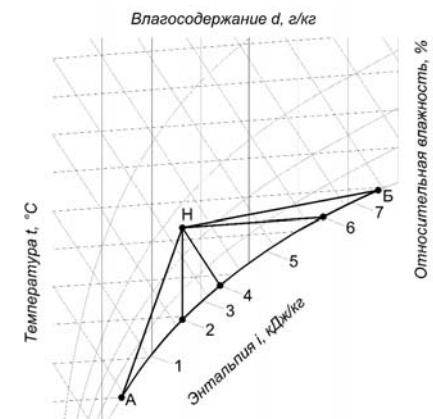


Рис. 1. Процессы обработки воздуха в оросительной камере

В камере орошения в летний период могут использоваться первые три схемы, в холодный период может использоваться четвертая схема. Остальные схемы могут использоваться только с подогревом воды.

Проблемы эффективности камер орошения

В общем случае интенсивность процессов тепло- и массопереноса в камерах орошения определяется такими факторами как скорость воздуха, расход воды, тонкость распыления, число рядов форсунок и их расположение, длина камеры. Кроме того, эффективность камеры зависит от режима обработки воздуха. Многообразие указанных факторов значительно затрудняет их учет при обработке опытных данных, и обычно из этих факторов выделяют несколько основных параметров, в качестве которых применяются массовая скорость воздуха $V\gamma$, коэффициент орошения B и температурные параметры t .

Коэффициент орошения и массовая скорость воздуха полностью определяют влияние гидродинамических факторов на эффективность тепло- и массопереноса в форсуночных камерах. Также важную роль играет длина рабочего объема форсуночной камеры, поскольку именно она влияет на протяженность поверхности тепло- влагообмена в направлении потока воздуха. Повысить эффективность обработки воздуха в форсуночной камере можно как путем увеличения расхода воды, так и за счет использования более высокого давления перед форсунками.

Моделирование процессов увлажнения в ПК ANSYS

С целью определения оптимальных размеров оросительной камеры и оптимального первоначального размера капель проводилось моделирование процессов увлажнения в ПК ANSYS. Расчёты проводились при температуре подающего воздуха 10, 17, 24 и 30 °С. На рис. 2 показаны результаты расчётов изменения диаметра капель при $t_{\text{возд}}=10$ °С для пяти начальных размеров.

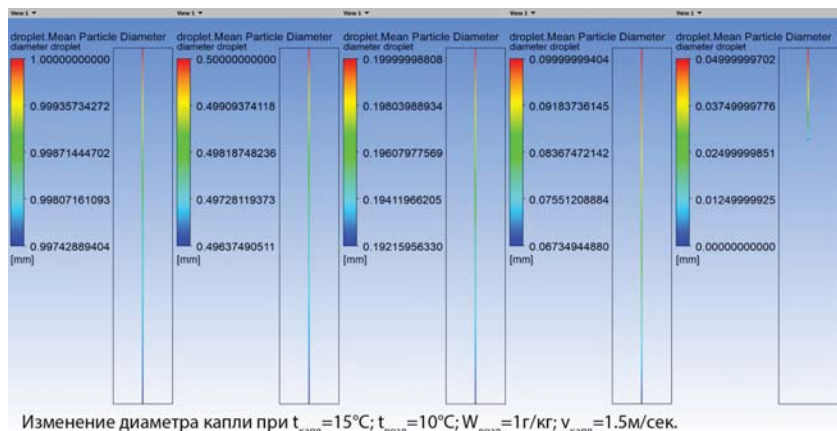


Рис. 2. Изменение диаметра капли при различных начальных размерах

На рис. 3–8 показаны степень увлажнения воздуха и изменение диаметра капель при различных начальных параметрах.



Рис. 3. Увлажнение воздуха при $t_b=10$ °С, $W_{\text{возд}}=10$ г/кг



Рис. 4. Интенсивность изменения диаметра капель при $t_b=10$ °С, $W_{\text{возд}}=10$ г/кг



Рис. 5. Увлажнение воздуха при $t_b=10$ °С, $W_{\text{возд}}=5$ г/кг



Рис. 6. Интенсивность изменения диаметра капель при $t_b=10$ °С, $W_{\text{возд}}=5$ г/кг

Рис. 7. Увлажнение воздуха при $t_b=10$ °C, $W_{\text{возд}}=1$ г/кгРис. 8. Интенсивность изменения диаметра капели при $t_b=10$ °C, $W_{\text{возд}}=1$ г/кг

Основными факторами, которые влияют на значения потоков теплоты и влаги являются: состав капели и скорость движения капели, а также конструктивные характеристики камеры орошения. Определяющим, кроме того, будет выбор начальных параметров воздуха и воды.

Обобщение результатов моделирования позволит определить показатели, характеризующие скорость и эффективность протекания процессов тепло- и влагообмена в камере орошения.

Проведённое исследование будет способствовать совершенствованию конструкций контактных аппаратов [3, 4] и повышению их эффективности.

Литература

1. Ghazikhani M. Exergy analysis of two humidification process method sinair-conditioning systems. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816303541> (Дата обращения: декабрь 2018).
2. Lee R.J., Saylor J.R. The effect of a surfactant monolayer on oxygen transfer across an air/water interface during mixed convection // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2010. Vol. 53. P. 3405-3413.
3. Гвоздков А.Н. Общая характеристика процессов тепло- и влагообмена в контактных аппаратах и методов их расчёта // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Стр-во и архит., 2006. Вып. 6 (21). С. 148-153.
4. Гвоздков А.Н. Особенности протекания процессов тепло- и влагообмена в контактных аппаратах систем кондиционирования воздуха // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Стр-во и архит., 2014. Вып. 38 (57). С. 133-142.

УДК 629.063.2

Мария Романовна Кондрашева, студент
Татьяна Юрьевна Андреева, аспирант

Mariya Romanovna Kondrasheva, student
Tat'yana YU'r'evna Andreeva,
post-graduate student

Рафшан Салманович Рамазанов,
аспирант
(Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова)
E-mail: boss.rafshan@mail.ru

Rafshan Salmanovich Ramazanov,
post-graduate student
(Belgorod State Technological
University named after V. G. Shukhov)
E-mail: boss.rafshan@mail.ru

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ТУПИКОВЫХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ

COMPUTER METHODS OF CALCULATION OF BLIND GAS DISTRIBUTION NETWORKS OF AVERAGE PRESSURE

В рамках статьи рассмотрены достоинства и недостатки некоторых распространённых программных продуктов для выполнения гидравлического расчёта газовых сетей, проведен обзор методов расчёта тупиковых газораспределительных сетей среднего давления с помощью разработанной компьютерной программы. Представлены: алгоритм работы разработанного программного продукта, результаты расчетов по подбору номинального диаметра и давления в узлах тупиковой газораспределительной системы условного района газификации. Предлагаемый программный продукт позволяет повысить качество результатов и автоматически просчитать параметры тупиковых газораспределительных систем среднего давления.

Ключевые слова: диаметр, давление, тупиковая сеть, схема газоснабжения, гидравлический расчёт, компьютерный продукт.

The article discusses the advantages and disadvantages of some common software products for the hydraulic calculation of gas networks, reviewed the method for calculating medium-pressure dead-end gas distribution networks using the developed computer program. Presents: the algorithm of the developed software product, the results of calculations for the selection of the nominal diameter and pressure in the nodes of the dead-end gas distribution system of the gasification conditional area. The proposed software product allows you to improve the quality of the results and automatically calculate the parameters of medium-pressure dead-end gas distribution systems.

Keywords: diameter, pressure, dead-end network, gas supply scheme, hydraulic calculation, computer product.

Для комфортной жизнедеятельности населения проживающего в огромных мегаполисах или малых населённых пунктах важнейшую роль играет обеспеченность энергоресурсами. Отдельное место в этом вопросе занимают системы газоснабжения. Газовая отрасль Российской Федерации занимает 8 % в структуре внутреннего валового продукта (ВВП) [1, 2].

Отличительной особенностью газораспределительных сетей среднего давления является возможность при относительно небольших диаметрах труб (150-350 мм) пропускать большое количество газа и полностью обеспечивать потребность в газовом топливе всех потребителей населенных пунктов района газификации.

Тупиковые газовые сети часто применяются в системах распределения газа и являются безопасными, простыми и удобными в эксплуатации, характерны минимальными материальными, капитальными вложениями и эксплу-

атационными расходами, кроме того, обеспечивают возможность поочередного ввода в эксплуатацию проектируемых объектов строительства.

В настоящее время широко применяются компьютерные программные продукты для расчёта газовых сетей, к числу которых относятся Zulu Gas, Hydraulic Calculator, АСПО-ГАЗ и др.

Zulu Gas – программный продукт для проектирования газораспределительных сетей. Решает широкий спектр расчётных задач: позволяет рассчитывать газопроводную сеть большого объема и любой сложности, расчету подлежат тупиковые и кольцевые газовые сети низкого, среднего и высокого давления, работающие от одного или нескольких ГРП, ГРС, расчет резерва пропускной способности сети, построение графика падения давления в газовой сети. Позволяет создать карту местности нанести на неё любые инженерные коммуникации. Данная программа пользуется популярностью у инженерно-технического персонала выполняющего расчеты систем газоснабжения [3].

Hydraulic Calculator – программа гидравлического расчета, предназначенная для расчета распределительных систем газоснабжения высокого, среднего или низкого давления любой геометрической сложности. Продукт с менее развитым интерфейсом и чуть меньшим функционалом, но обеспечивает основные проверочный и проектный расчёты. Предназначена для инженерно-технического персонала проектных организаций и специалистов газовых хозяйств [4].

АСПО-ГАЗ – программа предназначена для гидравлического расчета инженерных сетей газоснабжения низкого, среднего и высокого давления городов и населенных пунктов, а также внутренних газопроводов низкого давления жилых домов. Программа позволяет выполнить расчет внутридомовой сети низкого давления. Для этого создается условная трехмерная сеть внутри дома, где описывается подводящий к зданию трубопровод, стояки и поэтажная разводка внутри здания. После того как расчетная схема описана, выполняется гидравлический расчет [5].

Эти программные продукты позволяют рассчитать основные параметры газовых сетей – потоки газа по участкам систем газопроводов, давления в узлах распределительных систем газоснабжения, скорости движения газа на расчётных участках, также производится подбор стандартных диаметров газопроводов для отдельных участков.

Нами сделана попытка разработки программного продукта для расчёта тупиковых газораспределительных сетей среднего давления. Эта программа также может быть использована для расчёта газораспределительных сетей высокого давления.

Исходными данными для расчёта тупиковой сети являются [6]:

- схема тупиковой сети с обозначенными характерными участками и потребителями;
- длины характерных участков;
- требуемые значения расходов природного газа на каждого потребителя;
- требуемые значения входного давления природного газа на каждого потребителя;

Блок схема реализации вычислительного алгоритма программы представлена на рис. 1.

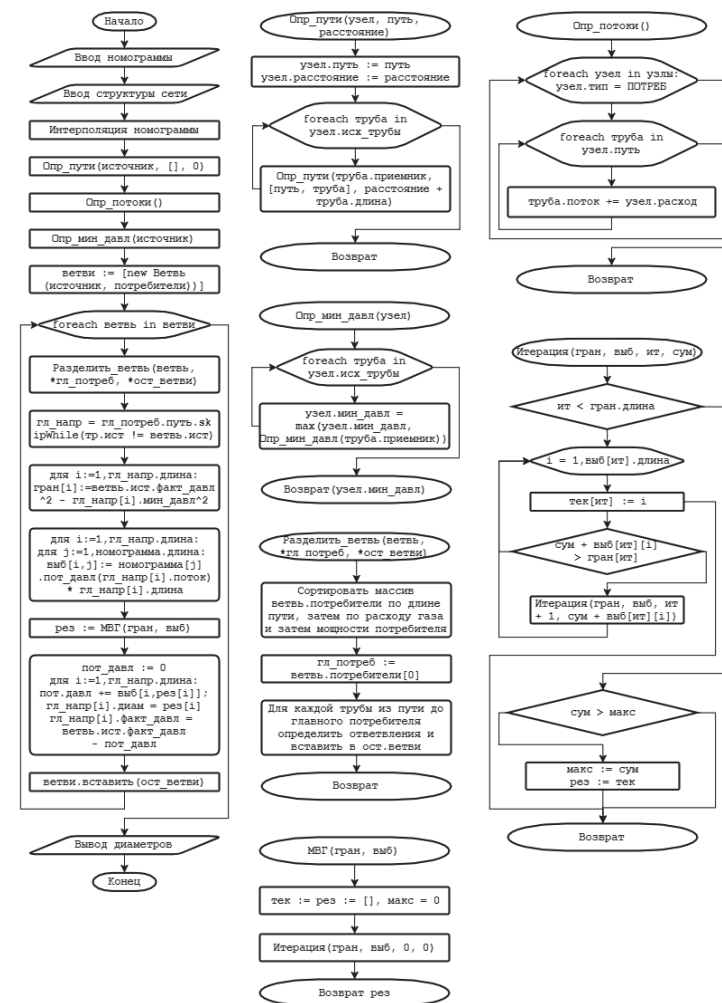


Рис. 1. Блок схема реализации вычислительного алгоритма программы

Задача, решаемая с помощью программы, ставится следующим образом. Имеется газораспределительная сеть, задаваемая в виде графа. Каждая вершина графа относится к одному из трех типов:

- источник газа, характеризуемый давлением P на выходе. Предполагается наличие ровно одного источника газа в газораспределительной сети;

– потребитель газа, описываемый минимальным давлением P на входе, расходом газа F и мощностью (числовой величиной, определяющей выбор главного направления при прочих равных условиях). Предполагается, что к каждому потребителю существует ровно один путь от источника;

– точка пересечения характерных участков газопровода (промежуточный узел).

Нами был выполнен расчёт тупиковой газораспределительной сети среднего давления, генплан района газификации представлен на рис. 2. Схема проектируемой тупиковой газораспределительной сети представлена на рис. 3.



Рис. 2. Генплан района газификации

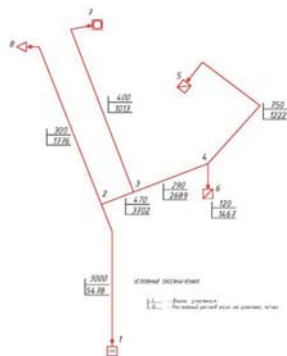


Рис. 3. Схема проектируемой тупиковой газораспределительной сети

Район газификации - многофункционален, имеет сосредоточенные объекты потребления (ГРП – 5,6, районная котельная – 7, промышленное предприятие – 8).

Параметрами, вычисляемыми разработанной программой, является расчётные диаметры и расход газа соответствующих характерных участков, перечисленных в начальных условиях тупиковой газораспределительной сети. Начальные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Начальные данные для расчёта тупиковой газораспределительной сети

Обозначение	№ участка	Расход, м ³ /ч	Длина участка, м	Давление P_n , 10 ⁵ Па
Основной участок				
Source – Node 1	1 – 2	5478	3000	4
Node 1 – Node 2	2 – 3	–	470	–
Node 2 – Node 3	3 – 4	–	290	–
Node 3 – SRP	4 – 5	1222	750	1,97
Ответвления				
Node 3 – Boiler 3	4 – 6	1467	120	1,65
Node 2 – Boiler 2	3 – 7	1013	400	2,03
Node 1 – Boiler 1	2 – 8	1776	300	2,47

В результате расчёта разработанная программа выдаёт окно с изображением схемы тупиковой сети в виде «дерева результатов расчёта», рис. 4.

Таким образом, применение рассматриваемой вычислительной программы для реализации инженерных газодинамических расчётов газовых сетей, позволяет получить следующие преимущества:

- в удобном формате отображать основные расчётные параметры рассматриваемых участков тупиковой газораспределительной сети;
- автоматически вычисляются диаметры участков газопроводов в соответствии с расчётным газодинамическим режимом сети;
- исключаются ошибки, связанные с человеческим фактором (ручной подбор инженером по номограммам и т.д.);
- в целом упрощается работа инженера-проектировщика.

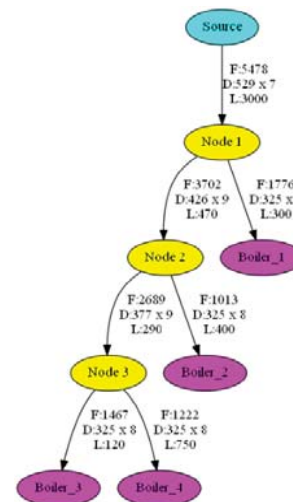


Рис. 4. Схема тупиковой сети в виде «дерева результатов расчёта»

Расшифровка условных обозначений, представленных в «дереве результатов расчёта»:

Source – (источник) точка подключения проектируемой сети к участку уже существующей газораспределительной сети;

Node – (узел) точка расчётной сети расположенная на пересечении характерных участков;

Boiler – (котельная) потребители газа;

Source – Node 1 – (ветвь) участок расположенный между точками на схеме сети;

F 5478 – расход газа м³/ч;

D 529x7 – диаметр газопровода мм;

L 2060 – длина участка, м.

Литература

1. Ионин А.А., Жила В.А., Артихович В.В., Пшоник М.Г. Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». - М.: Изд-во АСВ, 2011 г, 472 с.

2. Куцев Л.А., Волабуев И.В., Брусенцева В.С., Петраков Г.Н. Разработка способа экономии газового топлива на ТЭЦ // Сборник докладов (XIX научные чтения) Международной научно-практической конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов». Белгород, 05-08 октября 2010 г.

3. ZuluGaz гидравлические расчеты газовых сетей. URL: <https://www.politerm.com/products/gaz/zulugaz/> (дата обращения: 10.01.2019).

4. Программа гидравлического расчета газовых сетей Hydraulic Calculator. URL: <http://mtsk.mos.ru/Handlers/Files.ashx/Download?ID=20414> (дата обращения: 10.01.2019).

5. АСПО-ГАЗ, состав комплекса гидравлического расчета газопроводов. URL: <https://aspo-pris.ru/catalog/aspo-gaz/?action=shwprd&id=133> (дата обращения: 10.01.2019).

6. СП 42-01-2002. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 3.05.02-88* Газоснабжение. М.: ФГУП ЦПП, 2003. 30 с.

УДК 697.325

Михаил Александрович Коновалов, студент
Виктор Александрович Яковлев,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: m.konov47@gmail.com,
yakovlevspb@rambler.ru

Mikhail Aleksandrovich Kononov, student
Victor Aleksandrovich Yakovlev,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: m.konov47@gmail.com,
yakovlevspb@rambler.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШАХМАТНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ПАКЕТОВ В ГАЗОВЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛАХ

COMPARATIVE ANALYSIS OF CHESS CONVECTIVE PACKAGES APPLICATION EFFICIENCY IN GAS HEATING BOILERS

В работе представлен анализ применения в водотрубных отопительных котлоагрегатах конвективных пучков различного конструктивного исполнения. Рассмотрен ряд распространенных недостатков котельных установок. Описаны основные виды передачи теплоты от греющего к нагреваемому теплоносителю. Отражены факторы, влияющие на снижение эффективности теплообмена, а также конструктивные особенности расположения шахматного и коридорного конвективных трубок. Приведены схемы компоновки конвективных пучков (коридорная и шахматная). В статье отмечены факторы, вызывающие эрозионные повреждения конвективных трубок и зависимость этих повреждений от конфигурации конвективных трубок.

Ключевые слова: газовый котел, конвективные поверхности, поверхности теплообмена, конвективные пучки, шахматный порядок труб, коридорный порядок труб.

The paper presents an analysis of the application in water tube heating boilers of convective beams of various designs. A number of common drawbacks boiler plants. The main types of heat transfer from the heating to the heated coolant are described. The factors affecting the decrease in the efficiency of heat transfer, as well as the design features of the location of the chess and corridor convective tubes are reflected. The layout of convective beams (corridor and chess) is given. The article points out the factors that cause erosive damage to convective tubes and the dependence of these damages on the configuration of convective tubes.

Keywords: a gas boiler, convection surfaces, heat transfer surfaces, convection beams, chess order pipes, corridor pipe order.

В последние десятилетия, вследствие роста уровня энергетической потребности народного хозяйства, связанным с темпом технического развития, увеличивается энергопотребление. Данный фактор в большинстве случаев является основной величиной, от которого зависит не только объём потребляемой энергии, но и степень антропогенного воздействия на окружающую среду, ухудшающего качество среды обитания.

Снижая величину энергопотребления путём увеличения эффективности работы потребителей, а совместно с этим и увеличив эффективность работы источников (котельного оборудования) можно значительно снизить уровень антропогенного воздействия на окружающую среду, понизить себестоимость единицы вырабатываемой энергии, а, следовательно, и связанного с ней выпуска продукции промышленных предприятий и услуг сферы ЖКХ. Мероприятия по снижению себестоимости единицы вырабатываемой энергии методом повышения эффективности работы теплогенерирующего и теплопотребляющего оборудования, оптимизации её распределения и технологического совершенства выработки в настоящее время являются важной приоритетной задачей, нашедшей своё отражение в законе № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности...».

Одним из ряда важнейших элементов, входящих в систему теплоснабжения, от эффективности работы которого зависит эффективность работы системы в целом, является котлоагрегат. Многие котельные, особенно эксплуатируемые в отдалённых посёлках регионов нашей страны, имеют ряд распространенных недостатков:

- большой физический и моральный износ котельного оборудования;
- низкая эффективность. Часто вследствие отсутствия современной системы автоматики;
- несовершенство газогорелочных устройств;
- быстрое образование отложений на поверхностях нагрева вследствие неудовлетворительной отладки режимов горения;
- плохая теплоизоляция;
- отсутствие экономайзеров и воздухоподогревателей;
- большие присосы воздуха в газоходы котлоагрегата вследствие неудовлетворительного состояния обмуровки;
- конструктивное несовершенство конвективных поверхностей нагрева [1].

Среди представленных недостатков в свете рассмотрения вопросов, связанных с конструктивными особенностями котлоагрегата, следует обратить внимание на недостатки, относящиеся к несовершенству конструкции теплообменных элементов, входящих в его состав.

К основным теплообменным элементам котельных агрегатов, применяющихся для производства тепловой энергии в сфере ЖКХ и промышленной индустрии, относятся: лучевоспринимающие топочные экраны, пароперегреватели (в паровом котельном агрегате), кипятельные пучки, хвостовые поверхности нагрева (экономайзеры, воздухоподогреватели) [3].

Все, входящие в состав котлоагрегата теплообменные элементы по доминированию вида передачи теплоты от греющего к нагреваемому теплоносителю условно можно разделить на радиационные, конвективные и смешанные.

Радиационный теплообмен работает по физическому механизму передачи энергии от источника излучения к воспринимающей поверхности с помощью электромагнитного испускания волн с определенной длиной. При

сжигании топлива, источником излучения могут выступать его составляющие элементы. Образующиеся при этом электромагнитные излучения, в ходе реакций окисления и восстановления при сжигании топлива, в малых количествах поглощаются частицами топлива, сажи и молекулами трехатомных газов, промежуточными продуктами реакций. Поглощенная энергия затрачивается на увеличение температуры частиц, молекул и, впоследствии, излучается поверхностью частицы с другой длиной волны [6]. Из этого следует, что в момент времени движения электромагнитного излучения, направленного от источника излучения к лучевоспринимающим поверхностям, электромагнитные лучи многократно меняют длину своих волн. А это означает, что на поверхность нагрева будет падать радиационный поток уже в ослабленном состоянии, несущей меньшее количество энергии. Следовательно, большие размеры топки приводят к меньшему количеству энергии, поглощаемой поверхностями нагрева. Отсюда, можно сделать вывод, что исключительно важной характеристикой лучистого теплообмена, отвечающей за эффективность работы лучевоспринимающих поверхностей, является толщина излучающего слоя.

Наряду с радиационным теплообменом, доминирование которого приходится в основном на высокотемпературные зоны в низкотемпературных зонах с температурой ниже 700 °С существенный вклад в смешанный принцип передачи теплоты вносит конвективная составляющая теплообмена.

Конвективный теплообмен происходит из-за циркуляции теплоносителя, которая осуществляется посредством разности температур объемов жидкой или газообразной среды от более нагретых поверхностей к менее нагретым поверхностям теплообменных элементов. Несмотря на конвективные процессы, происходящие в топке котла, передача теплоты к поверхностям будет осуществляться с помощью теплопроводности и излучения, так как в пограничном слое теплообменной поверхности наблюдается градиент температуры. Интенсивность теплопроводности и излучения будет крайне низка вследствие теплофизических характеристик пограничного слоя.

Из-за наличия пограничного слоя конвективные поверхности нагрева являются наиболее проблемными элементами с точки зрения эффективности передачи теплоты, так как их эффективность зависит от многих факторов.

Таковыми факторами выступают: коэффициент теплопередачи, температурный напор, коэффициенты теплоотдачи α_1 и α_2 , степень загрязнения поверхности нагрева и термические сопротивления слоя отложений (накипи, золы, сажи и пр.) [5].

Рассмотрев процесс теплопередачи той части котла, которая скомпонована трубами конвективных пучков, можно сделать следующий вывод: режим движения продуктов сгорания, омывание труб каждого ряда и теплообмен в пучке зависит от схемы размещения труб (рис. 1), которая определяет:

- наружным диаметром труб – $d_{нар.}$;
- количеством рядов труб по ходу движению теплоносителя – n ;
- расстоянием между осями труб по ширине – S_1 и глубине пучка – S_2 .

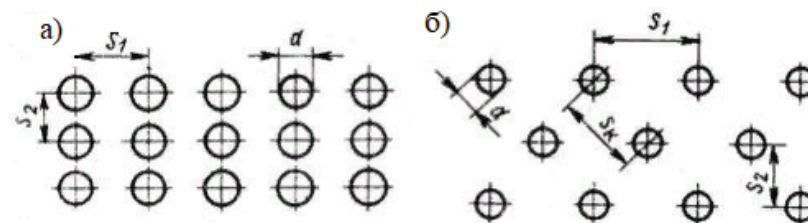


Рис. 1. Схемы компоновки конвективных пучков:
а) – коридорная, б) – шахматная

Несмотря на различную конфигурацию размещения труб в пучке, стоит отметить их схожие особенности. Например, при омывании трубок поперечным потоком жидкости первого ряда наблюдаются практически идентичные показатели, как при шахматном порядке расположения конвективных пучков, так и при коридорном. В основном данные показатели зависят от начальных характеристик турбулентности потока. В дальнейшем, характер омывания следующих рядов труб в пучках изменяется.

При расположении конвективных пучков в коридорной последовательности, отмечается ухудшение омывания лобовой части по причине затенения вышележащих трубок предшествующими рядами. При этом большая часть поверхности трубы располагается в зоне слабой вихревой нагрузки. Как следствие, это приводит к возрастанию вязкого ламинарного подслоя с преобладанием кондуктивного теплообмена. В случае с шахматным расположением труб эта проблема не существенна, так как значительного загромождения труб предыдущими рядами не происходит. Из этого следует, что коэффициент теплоотдачи при шахматном расположении труб выше, чем при коридорном при прочих равных условиях [5].

Еще одной схожей чертой является то, что каждый предшествующий ряд трубок обладает меньшей степенью турбулизации потока и это не зависит от конфигурации конвективных пучков. Это свидетельствует об увеличении коэффициента теплоотдачи для труб второго и последующих рядов выше в сравнении с первым. Однако, по достижению определенного количества ряда труб, поток жидкости стабилизируется, и коэффициент теплоотдачи для всех последующих рядов остается постоянным.

Если теплоотдачу третьего ряда принять за 100 %, то теплоотдача первого ряда коридорных и шахматных пучков составляет 60 %. Теплоотдача второго ряда коридорного пучка составляет 90 %, а шахматного – 70 % [6].

При этом диаметр труб поперечного и продольного шагов трубного пучка также влияет на теплоотдачу. Шахматному расположению труб отвечает их размещение в трубных решетках по сторонам шестиугольника (или в вершинах равностороннего треугольника). Реже используется размещение труб по концентрическим окружностям [3].

Так как при шахматном расположении труб первый ряд обдувается потоком газов с меньшей локальной скоростью, а в третьем и последующих рядах скорость золь меньше скорости газов из-за ударов частиц золь о трубы, то наибольшим эрозийным повреждениям подвергаются вторые ряды труб. В свою очередь при коридорном расположении, трубы второго и последующих рядов защищены от лобовых ударов частицами золь. Отсюда следует, что задние трубы, начиная с 5-го ряда, подвержены большему изнашиванию. Для обеспечения равномерного обтекания дымовыми газами каждой трубы в кладке печи делают специальные выступы [3].

Выполненный анализ исследования конвективного теплообмена в трубных пучках с шахматным и коридорным расположением, позволил понять причины и факторы, влияющие на интенсификацию теплообмена. Анализ показал, что теплоотдача второго ряда коридорного пучка составляет 90 %, а шахматного – 70 %. Учитывая выявленный эффект интенсификации теплообмена в конвективных пакетах, планируется проверить данный результат с помощью программного модуля ANSYS Fluent. Проверка результата будет целесообразна и поможет определиться с направлением дальнейшего усовершенствования конструкции теплообменных поверхностей с целью достижения заметного экономического эффекта.

Литература

1. Александров В.Г. Паровые котлы средней и малой мощности. – Монография / Изд. 2-е перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1972.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика.-М.: Высшая школа, 1982.
3. Горшенин, А.С. Методы интенсификации теплообмена: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009.
4. Паровые и водогрейные котлы: справочное пособие. СПб.: Изд-во «Деан», 2000.
5. Минко В.А., Семенов А.С., Гунько И.В., Елистратова Ю.В. Влияние отложений на рабочих поверхностях системы отопления на показатели работы элементов системы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5.
6. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие для вузов М.: Высшая школа, 1969.

УДК 628.6

Мария Александровна Лазурина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: mary.lazurina@gmail.com

Mariia Aleksandrovna Lazurina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: mary.lazurina@gmail.com

ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

SOFTWARE SYSTEMS FOR HYDRAULIC CALCULATION OF HOT WATER SUPPLYING SYSTEMS OF BUILDINGS

Цель настоящей работы – анализ программных комплексов гидравлического расчета горячего водоснабжения. В статье выполняется обзор основных программ гидравли-

ского расчета горячего водоснабжения, детально рассматриваются принципы их работы и описываются характерные особенности каждой.

На основании выполненного обзора и изучения отзывов специалистов выявлены положительные аспекты и проблемы, возникающие при их использовании.

Предполагается, что дальнейшее изучение проблемы позволит установить возможные несоответствия результатов расчетов по нормативным документам и выполненным в программе и причины расхождений, дать оценку корректности работы каждого программного комплекса в отдельности.

Ключевые слова: горячее водоснабжение, гидравлический расчет, программные комплексы, автоматизация инженерных расчетов, BIM-технологии.

Purpose is the analysis of software systems for hydraulic calculation of hot water. The article reviews the main programs for hydraulic calculation of hot water supply, discusses in detail the principles of their work and describes the characteristic features of each.

Based on the review and the study of engineer's feedback, positive aspects and problems arising from their use were identified.

It is assumed that further study of the problem will make it possible to establish possible inconsistencies between the results of calculations for normative documents and those performed in the program and the causes of discrepancies, to assess the correctness of the operation of each software package separately.

Keywords: hot water supplying, hydraulic calculation, SOFTWARE SYSTEMS, engineering calculations automation, BIM-technologies.

В настоящее время активно развиваются *BIM*-технологии, в частности в сфере проектирования инженерных сетей и сооружений. Обновляются программы для графического проектирования, на их базе разрабатываются новые, позволяющие создавать полные информационные модели проектируемых объектов. Появилось множество программных комплексов, с помощью которых представляется возможным произвести полноценные инженерные расчеты.

В настоящей статье будет произведен обзор программных комплексов гидравлического расчета горячего водоснабжения.

Revit Autodesk совместно с liNear Analyse Potable Water. Revit – система автоматического проектирования, разработанная компанией Autodesk. Данное программное обеспечение на основе технологии *BIM* содержит широкие возможности для проектирования инженерных систем. Пользователь практически ничего сам не чертит, он только заполняет графы документов, а софт делает чертежи самостоятельно. Все связи между объектами заданы формулами и отношениями.

Компания *liNear GmbH* – немецкий разработчик программного обеспечения. Продукция *liNear* быстро приобрела популярность благодаря ее высокому качеству и постоянному развитию.

В программе *Revit* существуют собственные модули для гидравлического расчета трубопроводов, однако они имеют ряд недостатков:

- нет возможности получить детальный отчет по отдельно взятым элементам трубопровода;
- не учитываются особенности моделирования конструкции;
- не учитываются требования нормативов РФ;
- наблюдается самопроизвольное удаление или перекидывание фитингов из одной системы в другую;

– при экспорте аналитики из программы в расчетные комплексы схема получается неполной, обрывистой [1].

Произвести более точные и надежные гидравлические расчеты позволяет модуль *liNear Analyse Potable Water*.

Первоначально в *Revit* выполняется чертеж системы горячего водоснабжения с указанием расположения сантехнических приборов и производится выбор необходимых конфигураций сети.

Результаты расчета можно корректировать (например, поменять диаметр) и производить перерасчет. Стоит отметить, что, используя данное программное обеспечение, можно производить расчеты с продукцией конкретного производителя [2].

Программная продукция соответствует требованиям нормативных документов РФ [3 - 8].

Программа **Audytor H₂O 1.6** выполняет полный расчет систем холодного, горячего водоснабжения и циркуляции, в рамках которого определяются основные параметры системы и производится подбор арматуры.

Первоначально в программе выполняется схема проектируемого трубопровода. Далее все необходимые параметры системы задаются графическим вводом, записываются и хранятся в табличной форме. Эти таблицы имеют динамичную связь со схемой. Благодаря этому, автоматически определяется присоединение каждого элемента системы и оборудования, а также их закрепление за определенными зонами помещений.

Программа позволяет выделить целую группу элементов схемы и изменить заданные ранее для них параметры. Причем изменяемый в настоящий момент элемент будет подсвечиваться на схеме.

В программе имеется встроенная библиотека блоков (водопроводная разводка, стояк, плиты перекрытия, стояки). Причем пользователь в случае необходимости может задать собственные параметры для каждого блока, которые можно сохранить и использовать в будущих проектах. Также возможно копировать отдельные фрагменты схемы водопровода. Вышеперечисленные возможности программы существенно сокращает время создания схемы. В течение всего времени работы над проектом программа осуществляет контроль корректности вводимых данных и результатов расчета, и происходит формирование отчета об ошибках (при их наличии) [9].

На базе программного комплекса *Audytor H₂O* разработаны *VALTEC H₂O* и *REHAU H₂O*, которые будут рассмотрены далее.

VALTEC H₂O – программа для проектирования систем холодного и горячего водоснабжения с использованием инженерной сантехники *VALTEC*, разработанная польской компанией *SANKOM Sp. z o. o.* на базе расчетно-графической программы *Audytor H₂O 1.6*. Позволяет выполнить полный расчет и конструирование гидравлически сбалансированной системы водоснабжения [10]. Программа соответствует требованиям Системы добровольной сертификации НП «АВОК» и СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий» [10].

В данной программе имеются некоторые недоработки:

– нет возможности ввести полотенцесушитель с перемычкой; это имеет значение для расчёта циркуляционного режима;

– программа «не понимает» ответвление от потока T_3 , если в этом ответвлении нет водоразборного прибора;

– пользователи отмечают, что изменение диаметров участков на сортament практически ничего не даёт, даже при значительных расстояниях.

Программа **REHAU H₂O** предназначена для графической помощи при проектировании систем холодного и горячего водоснабжения, а также циркуляционных трубопроводов при строительстве жилых и общественных зданий. Она позволяет проектировать очень большие системы, состоящие из огромного числа рисунков.

Во время работы над проектом программа ведет контроль корректности производимых расчетов, на основании которого формируется отчет об ошибках и аналитическими выкладками по ним, который сохраняется в отдельной вкладке. При необходимости возможно перейти к элементу, содержащему ошибку. При этом программа выведет таблицу, содержащую все данные по выбранному элементу, и покажет место, в котором произошла ошибка.

Сообщение со списком ошибок рекомендуется использовать как диагностический инструмент для оценки качества выполнения проекта [11].

Умная вода – программное обеспечение для проектирования и автоматического расчёта инженерных систем жилых зданий. Решение о разработке данной программы принято ввиду отсутствия единой комплексной программы расчета для систем ВК. Она является результатом совместной работы команды специалистов, состоящей из технического директора ООО «СанТех-Проект» Альберта Якубовича Шарипова и инженеров ГК «Элита» – Игоря Горюнова, Александра Варламова и Игоря Шестова. Теоретическая основа программы — современная гидравлика (более 100 формул). Отметим, что продукт создан группой разработчиков новой редакции СП 30.13330.2016.

В программе моделируются различные режимы и условия работы расчётной схемы, а также есть возможность задать различные параметры системы (производится выбор труб, изоляции, арматуры и санитарно-технических приборов), после чего формируется отчет в табличной форме. При изменении любого входного параметра обновляются параметры каждого участка и системы в целом.

Также возможно протестировать систему на зарастание трубопроводов и быстро пересчитать параметры при изменении количества водопотребителей. В личном кабинете сохраняются все данные по рассчитываемым объектам [12].

В программе используются данные всех действующих документов, причем в нее постоянно добавляются новые материалы и актуализируются уже добавленные. Грамотный расчёт всех процессов с применением физико-математических зависимостей снижает капитальные и эксплуатационные затраты, а автоматическое формирование документации сокращает время на оформление проекта.

Проведенный обзор программных комплексов гидравлического расчета горячего водоснабжения создает базу для дальнейшего изучения проблемы, что позволит установить возможные несоответствия результатов расчетов по нормативным документам и выполненным в программе и причины расхож-

дений, а также дать оценку корректности работы каждого программного комплекса в отдельности. Планируется разработка рекомендаций по использованию программных комплексов гидравлического расчета горячего водоснабжения и внесению в них корректировок при расчете систем горячего водоснабжения зданий.

Литература

1. Санкт-Петербург [Электронный ресурс] // НИП «Информатика». URL: <http://hvac-bim.ru> (дата обращения: 28.01.19)
2. Aachen [Электронный ресурс] // Проектирование и расчет систем ОВ и ВК согласно российским и международным стандартам. URL: <https://www.linear.eu/ru> (дата обращения: 28.01.19)
3. ГОСТ 21.205-93 Система проектной документации для строительства (СПДС). Условные обозначения элементов санитарно-технических систем.
4. ГОСТ 21.601-2011. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутренних систем водоснабжения и канализации.
5. ГОСТ Р 21.1101-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой)
6. ГОСТ Р ИСО 9127-94. Системы обработки информации. Документация пользователя и информация на упаковке для потребительских программных пакетов
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000. Информационная технология (ИТ). Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование.
8. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий.
9. Warszawa [Электронный ресурс] // Проектирование систем водоснабжения AUDYTOR H2O. URL: <http://ru.sankom.net/programs/audytor-h2o> (дата обращения: 29.01.19).
10. Москва [Электронный ресурс] // Расчеты и программное обеспечение по инженерной сантехнике. URL: <https://valtec.ru/document/calculate/#VALTEC.PRГ> (дата обращения: 29.01.19).
11. Москва [Электронный ресурс] // Расчет системы водоснабжения REHAU H2O. URL: <https://www.rehau.com/ru-ru/inzheneriya/services/software-tools/rehau-h2o> (дата обращения: 29.01.19).
12. Санкт-Петербург [Электронный ресурс] // Программа для проектирования систем внутреннего водопровода и канализации зданий. URL: <http://smartwater.su> (дата обращения: 29.01.19).

УДК 628.8

Снежана Владиславовна Лобова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: lobova-snehana@yandex.ru

Snezhana Vladislavovna Lobova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: lobova-snehana@yandex.ru

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ВЫСТАВОЧНОГО ЗАЛА

NUMERICAL SIMULATION OF THE HEATING SYSTEM OF EXHIBITION HALL

Восточная часть Конюшенного ведомства (г. Санкт-Петербург) – историческое сооружение, приспособленное для организации крупных межмузейных проектов, выставок современного искусства, арт-объектов, виртуальных музейных экспозиций. Общая пло-

щадь восточной части составляет 1,4 тыс м², которая включает в себя холлы, вестибюли, коридоры и сам выставочный зал. Требуемые параметры микроклимата в здании обеспечиваются системами отопления и вентиляции.

В данной статье рассматривается радиаторная система отопления, которая действует на сегодняшний день в выставочном зале восточной части Конюшенного ведомства. Геометрия построена в программе SolidWorks, а численное моделирование произведено в программе STAR-CCM+ с построением расчетной сетки. Сделаны основные выводы по полученным температурным полям в объеме пространства.

Ключевые слова: система отопления, численное моделирование, температурное поле, конвективные потоки.

The Eastern part of the stable Department is a historical building adapted for the organization of large inter-Museum projects, exhibitions of contemporary art, art objects, virtual Museum exhibitions. The total area of the Eastern part is 1.4 thousand m², which includes halls, lobbies, corridors and the exhibition hall itself. Heating and ventilation systems are responsible for the microclimate in the building.

This article will consider the radiator type of heating system, which operates today in the exhibition hall of the Eastern part of the stable Department. The geometry is built in SolidWorks, and the numerical simulation is made in the program STAR-CCM+ with the construction of the computational grid. The main conclusions on the obtained temperature fields in the volume of space are made.

Keywords: heating system, numerical simulation, temperature field, convective flows.

Одним из важнейших аспектов реставрационных программ исторических зданий является обеспечение микроклимата инженерными системами. Специалисты современного проектирования систем отопления и вентиляции должны находить комплексный путь решения проблемы сохранности здания, экспонатов музея, а также создания комфорта для посетителей [1]. Научное внимание к вопросам температурно-влажностного режима, оптимальным параметрам и способам их поддержания памятников архитектуры возникло еще в 60-х годах прошлого века. Данная проблема остается актуальной и в настоящее время.

Инструментом исследования является базирующийся на численном определении трехмерных дифференциальных уравнений сохранения энергии – гидродинамический расчетный комплекс STAR-CCM+.

Объектом исследования является выставочный зал восточной части Конюшенного ведомства, площадь которого составляет 839 м². Здание кирпичное, высота потолков 8,9 м, наружные стены с окнами выходят на запад и восток.

Параметры микроклимата помещений музеев изменяются в пределах $t = 18 - 21$ °С, $\phi = 45 - 60$ % [1, 3]. Для расчета была принята внутренняя температура 18 °С.

В представленном исследовании использовано численное моделирование. Данный метод основан на замене непрерывных дифференциальных уравнений их разностными аналогами [6]. Решение заключается в измельчении расчетной сетки [4, 5].

Геометрическая 3D модель помещения выставочного зала восточной части Конюшенного ведомства, используемая при проведении численного исследования, изначально была построена в программе SolidWorks.

Для расчета была построена конечнообъемная расчетная сетка (рис. 1) с измельчением ячеек на 50 % у окон, колонн, к полу, к потолку и у отопительных приборов – источников тепловыделений. Также к каждому радиатору создан блок по направлению движения теплого воздуха, то есть вверх (от пола к окну) (рисунки 2).

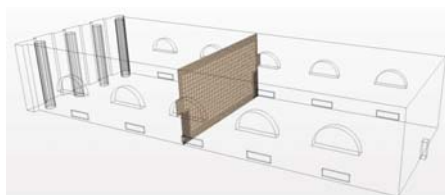


Рис. 1. Конечнообъемная расчетная сетка

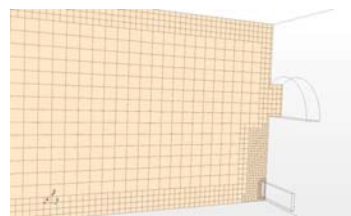


Рис. 2. Расчетная сетка с измельчением ячеек, создание блока

Заданы параметры отопительного оборудования и физические условия для радиаторного отопления. Расчет проводили для зимних условий Санкт-Петербурга. Учтены теплопотери через ограждающие конструкции, такие как наружные, внутренние стены, окна, чердачное и напольное перекрытие.

Таблица 1

Исходные данные для исследования

Параметры	Значения
Теплопоступления, Вт	33562
Инфильтрация, Вт	10069
Сопротивление теплопередачи НС, м ² °C/Вт	1,810
Сопротивление теплопередачи ВС, м ² °C/Вт	1,766
Сопротивление теплопередачи ОК, м ² °C/Вт	0,44
Сопротивление теплопередачи Пт(ч), м ² °C/Вт	0,274
Сопротивление теплопередачи Пл, м ² °C/Вт	2,739

С целью обеспечения сходимости результатов произведено более 1000 итераций. Период, необходимый для осуществления одной итерации, составляет 90 с.

На рисунке 3 представлено полученное поле температур в объеме пространства в горизонтальном сечении, проходящее через все радиаторы, установленные в выставочном зале восточной части Конюшенного ведомства. Средняя температура воздуха в этой зоне 19 °С, а ближе к стене, где располагаются колонны, опускается до 18 °С, так же и с противоположной стороны. Хоть эти стены и внутренние, но из-за дальнего расположения радиаторов относительно данных стен, их мощности недостаточно, чтобы обеспечить в тех зонах более высокую температуру.

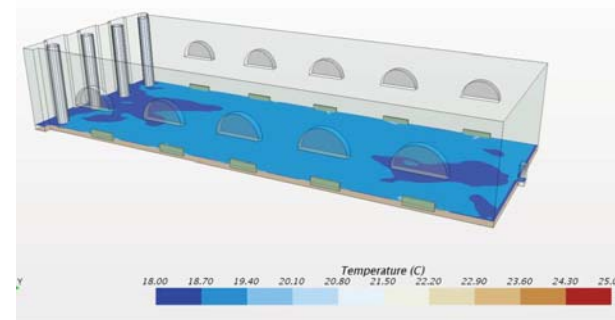


Рис. 3. Поле температуры в горизонтальном сечении

На рис. 4 и 5 приведены поля температур в вертикальном сечении. Видно, как в конвективных струях, которые поднимаются от отопительных приборов, происходит локальное повышение температуры. В верхней части помещения теплый воздух; он охлаждается у ограждений и опускается вниз, изменяясь в пределах примерно от 20 – 21 °С до 19 °С.

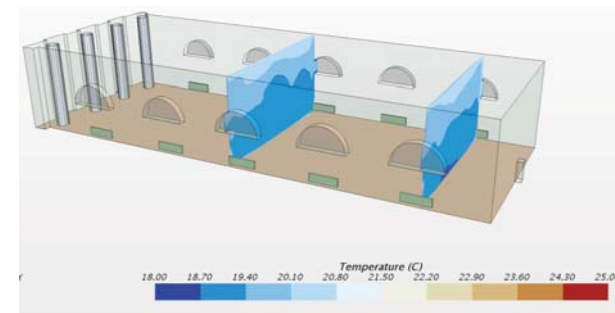


Рис. 4 Поле температуры в вертикальном сечении

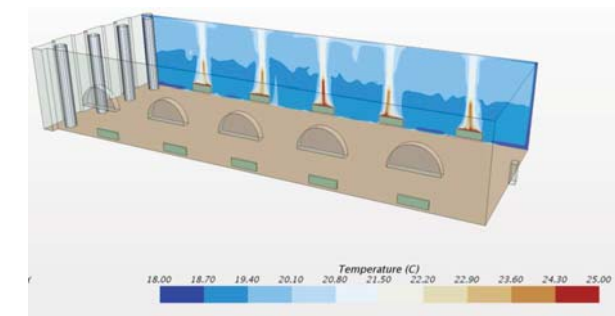


Рис. 5. Поле температуры в вертикальном сечении вдоль радиаторов

После проведения численного исследования, когда исследуемые параметры приходят в стационарный режим, расчет заканчивается [6]. Для получения результата сходимости использовалось осреднение температуры по всему объему помещения [6].

В результате численного эксперимента получены значения температуры по всему объему помещения. Из построенной модели видно, что исходный вариант системы отопления обеспечивает необходимые параметры микроклимата в помещении (17 – 21 °С) [2].

Таким образом, художественные, исторические ценности, различные экспонаты будут находиться в тех условиях, которые смогут обеспечить их долговечную сохранность.

Литература

1. Дорохов В. Б., Фомин И. В. Исследования в консервации культурного наследия. Вып. 2. Материалы международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию юбилею ГосНИИР. М.: ИНДРИК, 2008. С. 86–91.
2. Мансуров А.А. Вопросы отопления и вентиляции музейных зданий // Сов. музей, 1935.
3. Сизов Б. Т. Теплофизические аспекты сохранения памятников архитектуры АВОК. 2002. № 1. С. 24. URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1386.
4. Пухкал, В.А., Суханов, К.О., Гримитлин, А.М. Обеспечение теплового комфорта в помещениях с плинтусной системой водяного отопления // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6 (59). С. 156–162.
5. Chui E., Raithby G. Computation of Radiant Heat Transfer on a Non-Orthogonal Mesh Using the Finite-Volume Method. Numerical Heat Transfer. 1993. Vol. 23. Part B. P. 269-288.
6. Денисихина Д.М. Численное исследование нового способа кондиционирования помещений // Современные проблемы науки и образования. 2014. №3. С. 15. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/3/65.pdf>

УДК 69.697.1

Юрий Юрьевич Макаров, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: m6876@ya.ru

Yuriy Yurivich Makarov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: m6876@ya.ru

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ВЫСТАВОЧНЫХ ЗАЛОВ В ИСТОРИЧЕСКОМ ЗДАНИИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

ANALYSIS OF HEAT AND HUMIDITY CONDITIONS OF EXHIBITION HALLS IN THE HISTORIC BUILDING IN ST. PETERSBURG

Статья посвящена анализу тепловлажностного режима здания, которое представляет собой объект культурного наследия. Целью исследования является анализ работы инженерных систем и их роли в тепло-влажностном режиме здания. В работе проанализированы внутренние и наружные параметры воздуха за 2017–2018 года.

В статье представлены рекомендуемые оптимальные параметры для хранения музейных экспонатов, выполненных как из различных материалов, так и при комплексном хране-

нии, а также возможные последствия для экспонатов при их не правильном хранении. В работе говорится какие факторы оказывают влияние на внутренний микроклимат помещений.

По результатам наблюдения были выявлены параметры наружного воздуха, при которых в помещениях наблюдаются оптимальные значения температуры и влажности. Дана оценка работы системы отопления и рекомендации для модернизации инженерных систем при реконструкции здания.

Ключевые слова: микроклимат, температура, влажность, хранение экспонатов.

The article is devoted to the analysis of the heat and moisture regime of the building, which is an object of cultural heritage. The aim of the study is to analyze the work of engineering systems and their role in the heat and humidity conditions of a building. The work analyzed the internal and external parameters of air for 2017–2018.

The article presents the recommended optimal parameters for the storage of museum exhibits made of both different materials and for complex storage, as well as possible consequences for the exhibits if not properly stored. The paper says what factors affect the indoor microclimate of the premises.

According to the observation results, the optimal parameters of the outdoor air were revealed, at which the optimum values of temperature and humidity are observed in the rooms. The assessment of the heating system and recommendations for the modernization of engineering systems during the reconstruction of the building.

Keywords: microclimate, temperature, humidity, storage of exhibits.

Одним из важнейших условий сохранности и правильного хранения экспонатов музея является соблюдение тепловлажностного режима.

При комплексном хранении различных экспонатов, в помещениях музея необходимо поддерживать следующие параметры: температура 17–19 °С (в некоторых источниках встречаются данные до 22 °С), влажность 50–60 %.

В табл. 1 представлены рекомендуемые предельные параметры микроклимата для обеспечения оптимальных условий хранения художественных объектов, принятые в Италии [1].

Таблица 1

Предельные рекомендуемые микроклиматические параметры для обеспечения оптимальных условий хранения художественных объектов (Италия)

Вид объекта	Относительная влажность, %	Температура, °С
Изделия из кости, в том числе слоновой	45–65	19–24
Бронза	< 55	–
Бумага, папье-маше	50–60	19–24
Анатомические коллекции	40–60	19–24
Минералогические коллекции, мрамор, камень	45–60	30
Кожа, в том числе выделанная, пергамент	50–60	–
Восточные лаковые краски	50–60	19–24
Дерево	40–65	19–24
Крашеное дерево, полихромная скульптура	45–65	19–24
Книги, рукописи	50–60	19–24
Органические материалы	50–65	19–24
Изделия из полированного металла и металлических сплавов, латуни, серебра, олова, свинца, меди	< 45	–

Мебель с инкрустацией, лакированная	50–60	19–24
Золото	< 45	–
Пастель, акварели, графика, гравюра	50–60	19–24
Живопись на холсте	35–50	19–24
Фарфор, керамика, керамогранит, терракота	20–60	–
Шелк	50–60	–
Ткани, ковры, гобелены, обойный текстиль	40–60	–
Стекло и витражи	25–60	–

При сезонных изменениях наружных параметров влажности и температуры, тепловлажностный режим в помещениях должен изменяться плавно без резких колебаний. При повышении влажности необходимо предусмотреть возможность увеличения мощности отопительной системы. Однако, следует помнить, что слишком сухой воздух опасен для экспонатов из органических материалов. При недостаточной влажности для увлажнения внутреннего воздуха возле отопительных приборов следует разместить открытые емкости с водой.

При несоблюдении рекомендуемых оптимальных параметров при хранении музейных экспонатов, в зависимости от того, в какую сторону отклонились эти параметры, понизились или повысились, могут произойти необратимые последствия для экспонатов.

При повышении влажности на металлах появляется коррозия (патина, ржавчина), изделия из кожи и гербарии теряют цвет, может развиваться плесень, на изделиях из стекла появляются радужные разводы, а также может наблюдаться расслоение. Вследствие повышенной влажности пористая керамика может также расслоиться. Из-за окисления железа, на некоторых породах мрамора могут появиться красные пятна. Клей на бумаге или на картинах из-за высокой влажности начинает набухать и гнить.

При понижении относительной влажности воздуха ниже 50 % у гигроскопичных материалов, таких как, изделия из кожи, бумаги, ткани, наблюдается потеря эластичности, экспонаты начинают коробиться, растрескиваться, расслоятся. Наиболее сильно, при пониженной влажности, страдают экспонаты, при создании которых использовались различные материалы, например, инкрустированная мебель, либо предметы и картины, покрытые краской, грунтом.

В данной работе объектом исследования было здание 18 века постройки. Здание представляет собой одноэтажное кирпичное строение, с неотпливаемым подвалом и холодным чердаком. В выставочных залах имеются окна, которые занимают достаточно большую площадь ограждающих конструкций (приблизительно 50 %). В экспозиции представлены экспонаты мебели из различных видов дерева (тополь, карельская береза, красное дерево). В составе коллекции также имеются часы, канделябры, подсвечники, курильни-

цы, выполненные из бронзы. Также в интерьерах представлены гобелен, фарфоровая посуда, мраморные обелиски.

Наблюдения за температурно-влажностным режимом проводились последние 2 года.

В ходе анализа температурно-влажностного режима было установлено:

- относительная влажность наружного воздуха изменяется волнообразно;
- в зимний период в помещениях преобладает сухой воздух (рисунок 1); частично это связано с отсутствием воды в сосудах для поддержания влажности. В целом относительная влажность наружного воздуха оказывает малое влияние на относительную влажность внутреннего воздуха.

- температура воздуха в помещениях практически не изменяется и не зависит от наружной температуры; большую часть времени находится в пределах оптимальных значений. Изменения происходят плавно без резких скачков.

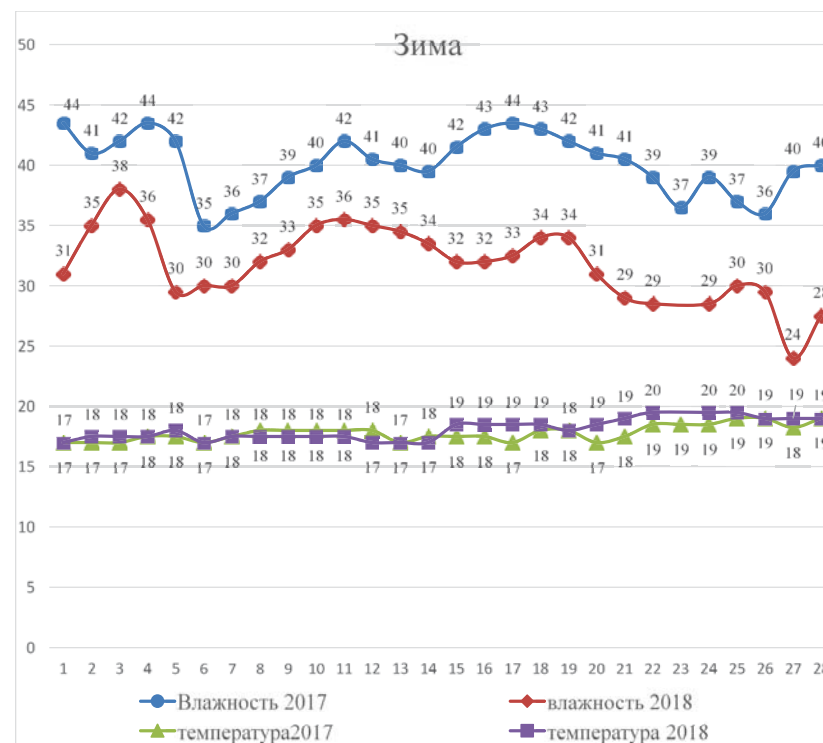


Рис. 1. Температура, °C, и относительная влажность, %, внутреннего воздуха помещения в зимний период

В летний период, относительная влажность в помещениях, наблюдается, в основном, в оптимальных значениях (рис. 2), однако, при увеличении наружной температуры повышается и температура внутри здания.

Необходимо стремиться создавать оптимальные условия для хранения экспонатов в любое время года, независимо от окружающей среды.

По результатам наблюдения в данном музее наиболее оптимальные условия в помещениях наступают тогда, когда температура наружного воздуха находится в пределах от 5 до 20 градусов, наружная влажность не более 80 %, система отопления отключена.

Система отопления с чугунными отопительными приборами обладает высокой тепловой инерцией, но она поддерживает температуру примерно на одном уровне без резких изменений. После включения системы отопления происходит осушение воздуха, которое не компенсируется и расставленными сосудами с водой.

В ходе реконструкции, необходимо рассмотреть вопрос установки климатических систем, которые бы работали круглосуточно и круглогодично, прежде всего приточные, вытяжные, и рециркуляционные установки обработки воздуха.

Следует обратить внимания на успешно реализованные проекты по созданию микроклимата в музеях.

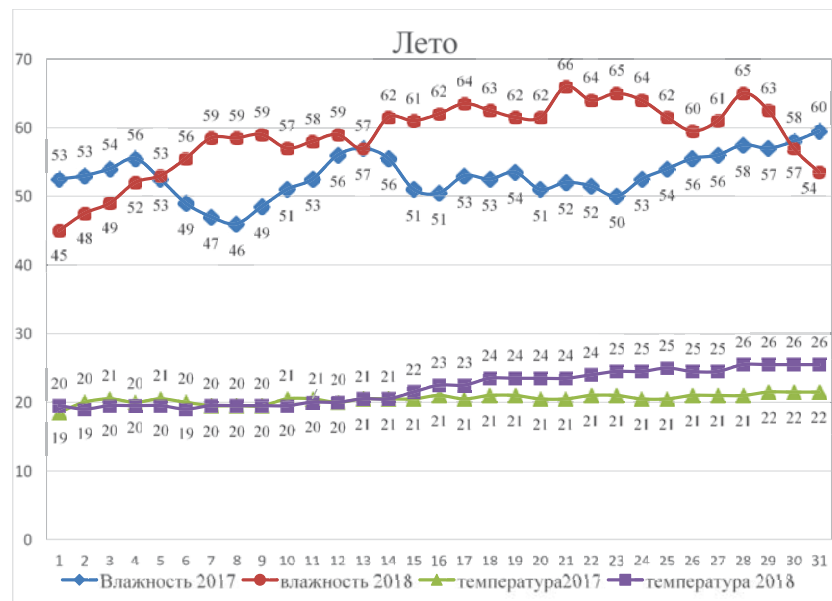


Рис. 2. Температура, °С, и относительная влажность, %, внутреннего воздуха помещения в летний период

Литература

1. Регулирование тепловлажностных параметров URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?id=4385 (дата обращения: 11.01.2019).
2. Музейное хранение художественных ценностей. Практическое пособие. ГосНИИ Реставрации. М., 1995.
3. Приказ Минкультуры СССР от 17.07.1985 № 290 «Об утверждении Инструкции по учету и хранению музейных ценностей, находящихся в государственных музеях СССР».
4. Приложение к стандарту СТО НП «АВОК» 7.7-2018 Музеи. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха.

УДК 697:620.9(07)

Николай Юрьевич Никулин, аспирант
Станислав Сергеевич Якишин, студент
(Белгородский государственный
технологический университет
им. В. Г. Шухова)
E-mail: Nick_973gt@mail.ru

Nikolai Yuryevich Nikulin,
post-graduate student
Stanislav Sergeevich Yakshin, student
(Belgorod State Technological University
V. G. Shukhov)
E-mail: Nick_973gt@mail.ru

КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ С ПОВЫШЕННОЙ ТУРБУЛИЗАЦИЕЙ

SHELL-TUBE HEAT EXCHANGE UNIT WITH INCREASED TURBULIZATION

Рассмотрено развитие системы теплоснабжения Российской Федерации по пути теплофикации, которое является важным элементом топливно-энергетического комплекса страны. Сделан акцент на необходимости применения современного высокоэффективного оборудования для качественного развития теплоэнергетики. Одним из видов тепломеханического оборудования является кожухотрубный теплообменный аппарат. Рассмотрены способы интенсификации теплообменных процессов в кожухотрубных аппаратах, которые заключаются в уменьшении толщины ламинарного пограничного слоя за счет увеличения турбулизации потока жидкости, что повышает коэффициент теплопередачи. Представлены результаты экспериментальных испытаний теплотехнических параметров кожухотрубного теплообменного аппарата с измененной геометрией поверхности теплообмена.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, турбулизация потока, коэффициент теплопередачи, поверхность теплообмена,

The development of the heat supply system of the Russian Federation along the path of heating, which is an important element of the country's fuel and energy complex, is considered. Emphasis is placed on the need to use modern high-performance equipment for the qualitative development of power system. One of the types of heat and mechanical equipment is a shell-and-tube heat exchanger. The ways of intensification of heat exchange processes in shell-and-tube apparatus are considered, which consist in reducing the thickness of the laminar boundary layer due to the increased turbulence in the fluid flow, and that ultimately increases the heat transfer coefficient. The results of experimental tests of heat-engineering parameters of a shell-and-tube heat exchanger with a modified geometry of the heat exchange surface are presented.

Keywords: heat exchanger, turbulization, heat transfer coefficient, heat exchange surface

В Российской Федерации системы теплоснабжения являются важнейшей составляющей топливно-энергетического комплекса страны. Ежегодно

для приготовления тепловой энергии в виде пара, горячей и перегретой воды расходуется более 600 млн. тонн условного топлива. Это составляет более 30% всех используемых первичных топливно-энергетических ресурсов [1].

Тепловая энергетика РФ вот уже на протяжении длительного периода развивается в направлении комбинированной выработки тепло- и электроэнергии на ТЭС и ТЭЦ (реже - АЭС). Однако, широко применяется производство тепловой энергии в котельных установках малой и средней мощности, а также теплоутилизационных генераторах промышленных предприятий.

В настоящее время системы производства, транспортировки и распределения тепловой энергии РФ сталкиваются с целым рядом технологических проблем. Так около 60 % котельных эксплуатируются с полным износом оборудования. На тепловых электроцентралях (ТЭЦ) только 25% котлоагрегатов и 36 % турбин находятся в работе в пределах срока службы. Средний процент износа тепло- и паровых сетей оценивается в 60–70 %. Около 60 % оборудования в индивидуальных тепловых пунктах, а так же внутренних системах отопления и горячего водоснабжения требует реконструкции и замены [2].

Следует так же отметить, что качественное развитие теплоэнергетики основано на применении современного высокоэффективного оборудования при строительстве новых и реконструкции существующих источников тепловой энергии, тепловых сетей и систем теплоснабжения. Это способствует повышению надежности теплоснабжающих предприятий, обеспечению качественных поставок тепловой энергии для абонентов различных категорий и, в конечном итоге, созданию благоприятных условий для труда и отдыха населения.

Одну из главных тенденций развития теплоэнергетики составляет применение теплообменных аппаратов для [3]:

- снижения температуры и давления теплоносителя на вводе к потребителю;
- разделения котельной на внутренний (котел - теплообменный аппарат) и внешний (теплообменный аппарат – тепловая сеть – потребитель) контуры;
- приготовления теплоносителя для горячего водоснабжения по закрытой схеме.

Кожухотрубные теплообменные аппараты с гладкими трубками широко распространены, так как обладают многими достоинствами. Так, в качестве теплоносителя можно использовать как воду, так и водяной пар. В контурах кожухотрубного теплообменного аппарата имеется возможность использовать одновременно два разных по агрегатному состоянию теплоносителя – пар в греющем, воду в нагреваемом контурах и наоборот [1, 4]. Это оборудование является важным элементом паровых и водогрейных котельных, ИТП и ЦТП, ТЭЦ и ТЭС, АЭС.

Основной недостаток водоводяных кожухотрубных теплообменников с гладкими трубками [5] – сравнительно невысокий коэффициент теплопередачи, величина которого не превышает $2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, что приводит к большим габаритным размерам аппарата. Поэтому существует необходимость в повышении теплообменных процессов в кожухотрубных аппаратах, что способствует увеличению основной характеристики этого оборудования - ко-

эффициента теплопередачи. Это способствует уменьшению габаритных размеров аппарата.

Одним из эффективных методов интенсификации теплообмена в кожухотрубном аппарате с гладкими трубками является максимальное уменьшение толщины пограничного слоя путем турбулизации потока. Для этого используют различные конструктивные изменения, которые можно условно разделить следующим образом:

- изменение геометрии поверхности теплообменной трубки (сферическими лунками на внутренней поверхности [6], двояковогнутыми сферическими выемками [7]; полукруглыми впадинами [8] продольные ребрами снаружи [9] и др.);
- организация движения теплоносителя с использованием различных перегородок (сегментных с углом 90° [10], винтовых [11] и др.).

Наиболее перспективным, по нашему мнению, является изменение геометрии теплообменной поверхности аппарата, в результате которой будет достигнута повышенная турбулизация жидкости у теплообменной поверхности, а также увеличение площади теплообмена.

На кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» БГТУ им В.Г. Шухова (г. Белгород) активно проводятся теоретические и экспериментальные исследования по повышению эффективности процессов теплообмена в кожухотрубных аппаратах (с гладкими трубками). Это достигается изменением геометрии поверхности теплообмена.

Известно, что при обтекании потоком жидкости цилиндра, начиная с числа Рейнольдса $Re = 60$, за кормовой частью образуется зона вихревого движения. А при достижении этим потоком $Re=5000$ и выше за кормовой частью происходит уже полное турбулентное перемешивание [12]. Это приводит к снижению толщины ламинарного подслоя жидкости у пластины, а, следовательно, повышению передачи тепловой энергии через этот слой.

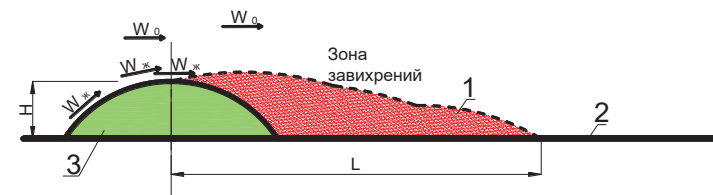


Рис. 1 Развитие вихревого движения жидкости за ребром цилиндрической формы при омывании:

1 – зона завихрений и повышенной турбулизации, 2 – пластина, 3 – ребро цилиндрической формы; W_x – касательная скорость при омывании ребра цилиндрической формы, м/с, W_0 – скорость основного потока жидкости, м/с

Учитывая данную закономерность, нами было принято решение: оснастить теплообменную поверхность (пластины) существующего теплообменного аппарата [13] ребрами круглого сечения [14] (рис. 2). На основе проведения теоретических исследований, определена для изготовления опытно-промышленного образца геометрия предложенной поверхности теплообмена: $H=4 \text{ мм}$, $l = 36 \text{ мм}$.

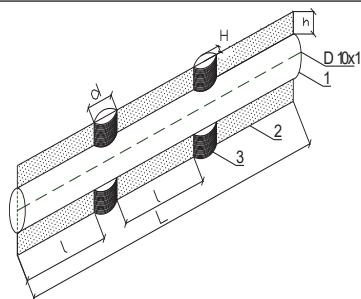


Рис. 2. Элемент теплообменной поверхности кожухотрубного теплообменного аппарата
1 – трубка, 2 – пластина, 3 – ребра цилиндрической формы

Проведены экспериментальные исследования тепловых характеристик кожухотрубного теплообменного аппарата с измененной геометрией поверхности теплообмена. Целью эксперимента являлось сравнение коэффициента теплопередачи K , Вт/(м² °С), кожухотрубного серийного аппарата с гладкой трубкой [15] и высокоэффективного аппарата измененной геометрией поверхности теплообмена [14].

Были определены для серийного аппарата скорости жидкостей в греющем и нагреваемом контурах (гидравлический режим), а также средние температурные напоры для температур наружного воздуха +4, 0, -5, -15, -17 °С. График тепловой сети составлял 95 – 70 °С (греющий контур), а график внутренней системы отопления 80 – 60 °С (нагреваемый контур). Все графики составлены для потребителей тепловой энергии Белгородской области РФ.

Такие же гидравлические режимы и температурные напоры применялись для исследования оригинального кожухотрубного теплообменного аппарата с измененной геометрией поверхности теплообмена. Направление потоков теплоносителей в нагреваемом и греющем контурах выбрано перекрестным как наиболее эффективное для эксплуатации в системах теплоснабжения [1]. Результаты натурного эксперимента представлены на рис. 3.

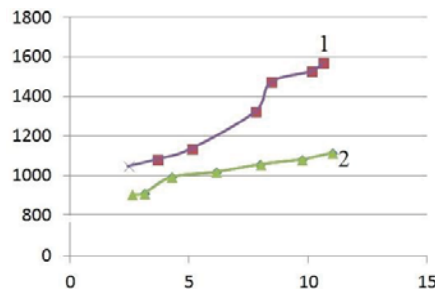


Рис. 3 График зависимости коэффициента теплопередачи от температурного напора
1 – кожухотрубного теплообменного аппарата с измененной геометрией поверхности теплообмена, 2 – аппарата по ГОСТ 27590-2005

Из проделанных теоретических и экспериментальных исследований следует, что коэффициент теплопередачи K , Вт/(м² °С) у оригинального аппарата больше в среднем до 20 %, чем у серийного теплообменника [15].

Следовательно, для одинаковых объектов теплоснабжения кожухотрубный теплообменный аппарат с повышенной турбулизацией нагреваемой жидкости будет иметь меньшее количество секций. Это позволит сократить средства и материалы при производстве монтажных работ, а при эксплуатации – затраты на электроэнергию и регламентные работы.

Статья подготовлена в рамках программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

Литература

- Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 472 с.
- Коков А.Ч., Алиев Ш.Х., Абитов М.М. Современные тенденции формирования и взаимодействия хозяйствующих субъектов теплоэнергетического комплекса // «Вопросы экономики и права». 2014. №10. С. 79-82.
- Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок.
- Зорин В.М. Тепловые и атомные электрические станции. М.: Энергоатомиздат, 1989. 608 с.
- СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов». М., 1995. 79 с.
- Кунтыш В.Б., Сухоцкий А.Б., Яцевич А.В. Тепловая эффективность вихревой интенсификации теплоотдачи газового потока при продольном и поперечном обтекании круглотрубных поверхностей // Известия высших учебных заведений СНГ. 2014. №2. С. 68 – 75.
- Ильинков А.В. Интенсификация теплообмена двояковыгнутыми сферическими выемками: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Казань, 2002. 123 с.
- Int. Journal of Engineering Research and Applications www.ijera.com ISSN: 2248-9622, Vol. 5, Issue 7, (Part - 3) July 2015, pp.09-15 Optimization of a Shell and Tube Condenser using Numerical Method Pradeep Wagh1, M.U. Pople 2 1 – Student, M.E., Chemical Engg. Dept., MGM's Jawaharlal Nehru Engg. College, Aurangabad, INDIA. 2 – Professor, Chemical Engg. Dept., MGM's Jawaharlal Nehru Engg. College, Aurangabad, INDIA. Email:-Pradeep.wagh77@gmail.com
- Алхасова Д.А. Исследование и гидродинамические расчеты внутрискважинных теплообменников с продольными ребрами: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Махачкала, 2009. 143 с.
- Yingshuang Wang., Zhichun Liu., Suyi Huang., Wei Liu., Weiwei Li. Heat Mass Transfer (2011) Experimental investigation of shell-and-tube heat exchanger with a new type of baffles
- International Journal of Current Engineering and Technology Effect of Different types of Baffles on Heat Transfer & Pressure Drop of Shell and Tube Heat Exchanger: A review-- Swapnil S.Kamthe* and Shivprakash B.Barve ./ Department of Mechanical Engineering, MAEER's MITCOE, Pune411038, Maharashtra, India; Accepted 12 March 2017, Available online 16 March 2017, Special Issue-7 (March 2017)
- Жукаускас А. А. Конвективный перенос в теплообменниках. М.: Наука, 1982. 472 с.
- Дычкин И.М., Короткевич Е.С., Селькин А.И. Кожухотрубчатый теплообменник. АС СССР № 463849. Заявлено 12.06.72, № з. 1795360/24-6. Опубликовано 15.03.75. бюлл. №10 F28D7/00.

14. Никулин Н.Ю., Кушев Л.А., Сулов Д.Ю., Уваров В.А. Кожухотрубный теплообменный аппарат. Патент РФ № 149737. заявитель и патентообладатель Белгород. госуд. технолог. ун-т им. В.Г. Шухова. - №2014134083/06; заявл. 19.08.14; опубл. 20.01.15, Бюл. №2. – 3 с.

15. ГОСТ 27590-2005. Подогреватели кожухотрубные водо-водяные систем теплообеспечения. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. 24 с.

УДК 620.91

Ирина Сергеевна Просвирина,
ст. преподаватель
(Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет)
Сулейман Субханвердиевич Таргачёв,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: *isp15@yandex.ru,*
suleiman9797@mail.ru

Irina Sergeevna Prosvirina,
senior lecturer
(Astrakhan State University
of Architecture and Civil Engineering)
Suleiman Subkhanverdievich Targachev,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: *isp15@yandex.ru,*
suleiman9797@mail.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН

THE RELEVANCE OF THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR LOW-RISE CONSTRUCTION IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN

В России, где запасы нефти и газа как источника энергии, стремительно уменьшаются, а их стоимость постоянно растет, использование альтернативных источников энергии становится актуальным.

Альтернативные источники энергии являются возобновляемыми ресурсами, заменяющие традиционные источники энергии, которые при эксплуатации негативно влияют на окружающую среду, а также способствуют ухудшению экологического состояния рассматриваемого региона. Отбор возобновляемых источников энергии сводятся к потребности получения её из энергии восстанавливаемых природных ресурсов и явлений, в зависимости от экономичности и экологичности наблюдаемой системы.

На сегодняшний день республика Дагестан является одной из перспективных регионов России в области применения альтернативных источников энергии. Однако для малоэтажного строительства рационально рассматривать взаимодействие таких альтернативных источников энергии совместно с инженерными системами, которые будут подходить по технико-экономическим показателям строительства.

Наиболее актуальными и применимыми для условий республики Дагестан являются солнечные, ветровые и геотермальные альтернативные источники энергии, что обусловлено южным расположением республики и ее холмистой и горной территорией.

В работе проведен анализ возможности осуществления использования возобновляемой энергетики на территории республики Дагестан; в частности, рассмотрена возможность применения: солнечных и ветровых энергоустановок, а также тепловых насосов. Применение данных установок альтернативных источников энергии наиболее перспективно и высокоэффективно на территории республики, так как регион имеет высокий потенциал в области нетрадиционной энергетики.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, ветровая энергия, солнечная энергия, геотермальная энергия, тепловой насос.

In Russia, where the reserves of oil and gas as an energy source are rapidly decreasing, and their cost is constantly growing, the use of alternative energy sources becomes relevant.

Alternative energy sources are renewable resources that replace traditional energy sources, which have a negative impact on the environment during operation, as well as contribute to the deterioration of the ecological state of the region under consideration. The search for alternative sources of energy is the need to obtain it from the energy of renewable natural resources and phenomena, taking into account the environmental friendliness and efficiency of the system in question.

Today the Republic of Dagestan is one of the most promising regions of Russia in the field of alternative energy sources. However, for low-rise construction, it is rational to consider the interaction of such alternative energy sources together with engineering systems that will be suitable for technical and economic indicators of construction [1].

The most relevant and applicable to the conditions of the Republic of Dagestan are solar, wind and geothermal alternative energy sources, due to the southern location of the Republic and its mountainous terrain [2].

The principle of possible use of alternative energy in the Republic of Dagestan, namely, wind power plant, solar power plant, as well as heat pumps is considered. The use of these installations of alternative energy sources is the most promising and highly effective in the Republic, as the region has a high potential in the field of alternative energy.

Keywords: alternative energy sources, wind energy, solar energy, geothermal energy, heat pump.

В настоящее время многие страны, в том числе и Россия, стремятся уменьшить использование ископаемых источников энергии, в связи с их неблагоприятными воздействиями на экологию, в частности на здоровье человека, климат окружающей среды; а также из-за лимита природных запасов.

Одним из решений проблемы является применение новых энергоэффективных технологий, использующих альтернативные источники энергии. Также стоит учитывать перспективность использования альтернативных источников энергии в регионах России, располагающих их повышенным потенциалом. К примеру: на юге России, к числу таких регионов относится республика Дагестан, энергетика которой в значительной мере базируется на перерабатываемом топливе, а именно горючих сланцев, угля, нефтепродуктов, сжиженного газа и других. Помимо перспективности использования альтернативных источников энергии в горных регионах, увеличение её роли в энергоснабжении также воздействует на решение геоэкологических проблем региона [3], где основным источником загрязнения окружающей среды является энергетика.

На территории Южного федерального округа Республика Дагестан является одной из самых крупных регионов. Особенность данного региона заключается в том, что область горной зоны составляет 38% всей территории. Причем высота такой зоны свыше 1000 м над уровнем моря [4]. Исходя из этого, весьма часто применяются децентрализованные системы энергоснабжения. В республике имеются проблемы, связанные с энергетическими, экономическими, экологическими сферами. Основная причина дефицитности топливоэнергетических ресурсов – это ограниченность запасов органических видов топлива.

Использование альтернативных источников энергии в широких масштабах определено не только желанием заменить традиционные энергоносители, но и желательностью создания развитых, комфортных и благоустроенных условий населению.

В условиях жаркого климата и горной местности республики Дагестан наиболее перспективными альтернативными источниками энергии являются солнечная и ветровая энергия, а также геотермальная.

Энергия солнца является одной из высокопотенциальной в данном регионе. Длительность солнцестояния составляет от 214 до 315 дней в зависимости от рельефа местности (рис. 1) [5]. В ясный день инсоляция достигает в горных районах 1 кВт/м^2 . При условии активного, грамотного внедрения солнечных энергоустановок это позволит создавать для малоэтажных зданий индивидуальные системы теплоснабжения.



Рис. 1. Продолжительность солнечного сияния на территории РФ

Использование энергии солнца зависит от погодных условий и времени суток, причем в зимнее время производительность солнечных батарей падает в полтора-два раза. В этом случае, в дневное и летнее время солнечная энергия запасается в аккумуляторах, что позволяет использовать ее в любое время.

Для малоэтажного строительства на территории региона, можно использовать солнечные коллекторы, которые предназначены для прямого преобразования энергии Солнца в тепловую энергию. Они собирают тепловую энергию солнца (инфракрасное и видимое излучение) и нагревают материал-теплоноситель. В результате расходы на систему отопления и горячее водоснабжение из общей городской сети уменьшаются, особенно в летнее время.

Метеорологические станции, расположенные на территории региона, предоставили оценки потенциала ветроэнергетических ресурсов, полученные на основе многолетних данных. Ветроэнергетические ресурсы республики составляют несколько млрд. кВт·ч. Согласно карты ветровой энергии (рис. 2) [5] среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с , а это говорит о том, что территория республики благоприятна для применения ветровых установок.



Рис. 2. Ветровая энергия на территории РФ

На сегодняшний день, устанавливаемые ветроагрегаты могут обеспечить до 40 % потребности республики в электроэнергии, при минимальных сопутствующих затратах.

Главной особенностью и преимуществом ветрогенераторов, в отношении к солнечным коллекторам, заключается в том, что в зимнее время года производительность установки не уменьшается, а возрастает. Однако, установка ветрогенераторов возможна на местности с постоянными, стабильными и сильными ветрами. Но снижению количества ветра могут способствовать внешние преграды.

На территории республики Дагестан в стадии строительства, подготовки исходных данных и разработки технической документации находится Дагестанская ВЭС, позволяющая вырабатывать $6,0 \text{ МВт}$ энергии [6].

Также регион обладает большими объемами геотермальных энергоресурсов. В плоскостных районах республики, также имеются ресурсы – низкопотенциальные. Геотермальные системы могут быть эффективными на основе использования низкопотенциальных ресурсов, а именно, - применение тепловых насосов. Уменьшение расходов на энергетические затраты также возможно при использовании геотермальных источников энергии. Но на сегодняшний день доля таких источников незначительна – около 0,5 %; а перспективы роста могут превышать 20 %, это может повлечь снижение затрат в сфере энергетики [7].

Помимо термальных вод, располагающихся под землей, в качестве низкопотенциального источника тепла можно использовать грунт (ниже глубины замерзания), а также воздух. Вышеуказанные источники низкопотенциальной энергии позволяют применить тепловые насосы, как альтернативные источники энергии, которые могут преобразовать тепло-потенциал земли, грунтовых вод (термальных) и воздуха в тепловую энергию.

Тепловые насосы, оснащенные реверсивным клапаном, способны обогреть дом, а также обеспечить горячее водоснабжение. Универсальностью

такой установки является то, что в летний период года система может охлаждать воздух. Единственный существенный недостаток теплового насоса – это пониженный КПД в условиях суровых зим. Впрочем, климат в республике довольно благоприятный, а зимы «мягкие».

Таким образом, для малоэтажного строительства, нет необходимости рассматривать все виды альтернативных источников энергии, в связи с нецелесообразностью, дороговизной, а также невозможностью организации данных систем на территории застройки. Тем не менее, республика Дагестан является одним из перспективных регионов России в области применения альтернативных источников энергии. Однако, для малоэтажного строительства рационально рассматривать взаимодействие таких альтернативных источников энергии совместно с системами теплогасоснабжения и вентиляции, которые будут подходить по технико-экономическим показателям строительства.

Литература

1. Магомедова Н.А. Организационно-экономическое обеспечение эффективного использования ВИЭ в промышленном комплексе республики Дагестан; 2005 г.; диссертация; ФГБУН «Институт социально-экономических исследований ДНЦ РАН»; – 135 с.
2. Аксарин Р.С., Соляников Г.И. Использование нетрадиционных источников энергии для энергоснабжения; 2015 г.; науч. статья; ТюмГАСУ; – 10 с.
3. Гасанова А.Ш., Идрисова С.Г. К изучению возобновляемых источников энергии в условиях Дагестана; 2014 г.; науч. статья; ФГБОУ ВПО «МАДИ»; – 2 с.
4. Амадиева Н. А. Потенциал и проблемы использования ВИЭ в республике Дагестан; 2015 г.; науч. статья; ФГБУН «Институт социально-экономических исследований ДНЦ РАН»; – 6 с.
5. Магомедова Н.А. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии как фактор перехода к устойчивому развитию республики Дагестан; 2010 г.; науч. статья; ФГБУН «Институт социально-экономических исследований ДНЦ РАН»; – 7 с.
6. Allan M., John Lund "Cementitious Grouts for Geothermal Heat Pump Systems" Transactions, Vol. 22, Geothermal Resources Council, Davis, CA. 1998, PP. 419423.
7. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли; 2006 г.; диссертация – 432 стр.

УДК 536.27

Татьяна Анатольевна Рафальская,
канд. техн. наук, доцент
Иван Олегович Кунаев, студент
(Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru

Tatyana Anatolevna Rafalskaya,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Ivan Olegovich Kunaev, student
(Novosibirsky State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕННИКОВ

RESEARCH OF VARIABLE HEAT CHARACTERISTICS OF HEAT EXCHANGERS

Теплообменные аппараты являются важной составляющей любых теплотехнических систем. Переменные режимы работы теплообменника можно описать уравнением характе-

ристики, но имея только данные, относящиеся к определённым режимам работы теплообменника, нельзя установить, чему будет равна тепловая производительность при режиме, отличном от установочного. В этой связи были предложены уравнения характеристик теплообменника, основанные на использовании постоянных параметров теплообменников.

Рассмотрены факторы, от которых зависит параметр теплообменника. Методом моделирования определён диапазон взаимного изменения температур и расходов, греющего и нагреваемого теплоносителей и получена формула, описывающая переменные параметры теплообменников в любом режиме работы.

Целью работы является получение зависимостей для переменных параметров теплообменных аппаратов, что повысит точность тепловых расчетов.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, переменный режим работы, система теплогасоснабжения, тепловой пункт, параметр теплообменника, температурный график, теплоноситель.

Heat exchangers are an important component of any heat engineering systems. Variable modes of operation of the heat exchanger can be described by the equation characteristics, but having only the data relating to certain modes of operation of the heat exchanger cannot be set, what will be equal to the thermal performance in a mode other than the installation conditions. In this regard, the equations of characteristics of heat exchanger, based on the use of parameter of the heat exchanger, this was assumed to be stable for this type of apparatus, regardless of the mode of its operation.

The factors on which the heat exchanger parameter depends are considered, the simulation method determines the range of mutual changes in temperature and flow rates of heating and heated coolants and derives a formula describing the variable parameters of heat exchangers in any operation mode.

The research will allow a more reasonable approach to the determination of the heater parameter and thereby increase the accuracy of thermal calculations of heat exchangers using the equations describing their characteristics.

Keywords: heat exchanger, variable operation mode, heat supply system, heat point, heat exchanger parameter, temperature graph, coolant.

Одной из основных задач энергосбережения является повышение эффективности работы теплообменных аппаратов. Производительность теплообменного аппарата и его конструктивные характеристики определяются в установочном режиме работы. В процессе эксплуатации теплообменники обычно работают в переменных режимах, т.е. с постоянно изменяющимися температурами и расходами теплоносителей, их тепловая мощность может как увеличиваться, так и уменьшаться.

Расчет режимов теплообменных аппаратов разрабатывался такими учёными, как Е.Я. Соколов [1], Е.П. Шубин [2], Н.М. Зингер [3], Н.Н. Чистяков [4] и др.

Основная трудность состоит в определении среднего коэффициента теплопередачи в теплообменнике k , который также зависит от режима работы теплообменника.

Из теплового баланса теплообменных аппаратов следует:

$$Q = kF\Delta t = W_6 \delta t_m = W_m \delta t_6 = \varepsilon W_m \nabla = q \nabla,$$

где Q – количество теплоты, F – площадь теплообменного аппарата; q – характеристика теплообменника; Δt , ∇ – средняя и максимальная разность темпера-

тур между греющим и нагреваемым теплоносителями; δt – перепад температур теплоносителей в теплообменном устройстве; W_m, W_6 – эквиваленты расходов теплообменивающихся сред;

$\varepsilon = f(kF/W_m, W_m/W_6)$ – эффективность теплообменника.

Е.Я. Соколовым [1] был предложен безразмерный параметр для определения коэффициента теплопередачи, не зависящий от режима работы теплообменника

$$\Phi_0 = kF / \sqrt{W_{нар} W_{гр}}, \quad (1)$$

где $W_{нар}, W_{гр}$ – эквиваленты расходов нагреваемого и греющего теплоносителей.

В то же время ясно, что выражения с постоянными параметрами не могут описать любой режим работы теплообменника, т.к. в них не учитывается влияние температур теплоносителей на коэффициент теплопередачи, поэтому использование выражений типа (1) часто подвергалось критике [4-9].

Так, Н.Н. Чистяковым было предложено изменение параметров подогревателей находить по эмпирическим формулам [4]:

$$\Phi^I = \Phi_0 (0,615 + 0,385 t_s), \quad (2)$$

$$\Phi^{II} = \Phi_0 (0,565 + 0,435 t_s), \quad (3)$$

где t_s – отношение средних температур воды в водонагревателе.

В то же время из формул Чистякова (2), (3) определяются параметры подогревателей в зависимости от отопительного графика, т.е. от наружной температуры, что нельзя признать правильным [8, 9].

Соотношения для описания параметров теплообменников в переменных режимах работы предлагались также Н.М. Зингером [3]:

– для трубчатых теплообменников:

$$\Phi_y = \frac{\Phi}{l} = \frac{0,264}{W_{MT}^{0,2} \left[0,856 \left(\frac{W_T}{W_{MT}} \right)^{0,5} + \left(\frac{W_{MT}}{W_T} \right)^{0,3} \right]}, \quad (4)$$

$$\Phi_y = 0,14 \varphi (f_{MT} / f_T)^{-0,6} (1 + 0,003 t_{MT}^{cp}) (1 + 0,008 t_T^{cp}), \quad (5)$$

где l – длина трубок, м; w_T, w_{MT} – скорости теплоносителей в трубках и межтрубном пространстве, м/с; φ – коэффициент загрязнения; f_{MT} и f_T – площади межтрубного и трубного пространства, м²; t_{MT}^{cp} и t_T^{cp} – средние температуры теплоносителей в трубках и межтрубном пространстве;

– для пластинчатых теплообменников:

$$\Phi_y = \frac{\Phi}{x} = \frac{P}{\left(\frac{B_1}{W_1^{0,73}} + B_3 + \frac{B_2}{W_2^{0,73}} \right) W_1^{0,5} W_2^{0,5}}, \quad (6)$$

$$\Phi_y = 0,75 + 0,005 t_{cp}, \quad (7)$$

где x – число ходов в теплообменнике, P, B_1, B_2, B_3 – коэффициенты, зависящие от теплотехнических свойств теплоносителей.

Соотношения (4-7) привязаны к конструктивным особенностям теплообменных аппаратов и не могут применяться для расчёта переменных режимов группы связанных теплообменников.

Современные теплотехнические системы обычно включают группу теплообменников, часто работающих по различным температурным графикам и с различными расходами воды. Например, двухступенчатые схемы подогревателей горячего водоснабжения в тепловом пункте. В крупных системах теплоснабжения, состоящих из большого числа тепловых пунктов, часто возникает задача определения температуры возвращаемой воды, для чего необходима формула, позволяющая учесть переменные режимы работы теплотехнических систем.

В работе [9] приведены методика и результаты моделирования проточного водоводяного теплообменника в различных режимах работы.

Основываясь на полученных в [9] численных зависимостях $\Phi(Q)$, методом математического моделирования получена формула, позволяющая описать переменный параметр теплообменника, при любом режиме работы.

$$\Phi(Q) = \frac{Q}{\Delta t_c \cdot \sqrt{W_p W_h}} \left[\left(\frac{W_p}{W_h} - 1 \right) \frac{\Phi_0}{J} \pm \frac{Q_c}{Q} \frac{\sqrt{W_p W_h}}{\sqrt{W_{pc} W_{hc}}} \right], \quad (8)$$

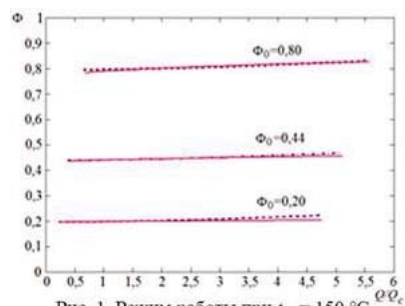
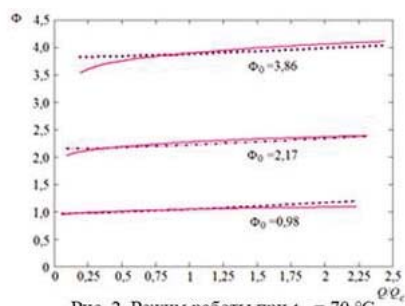
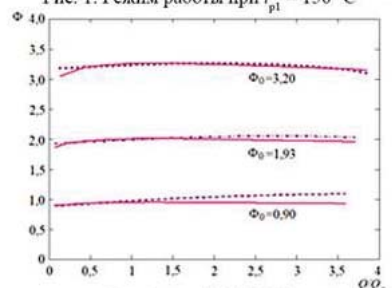
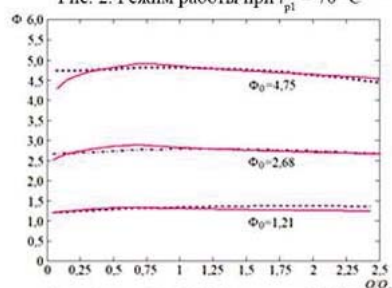
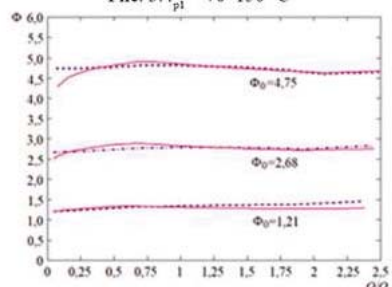
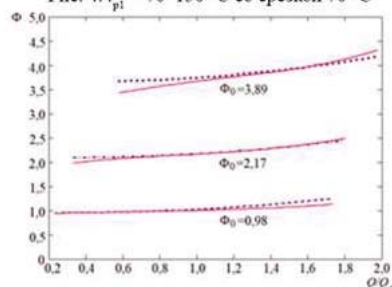
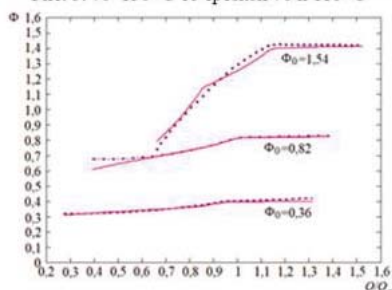
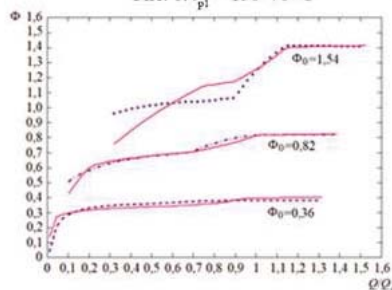
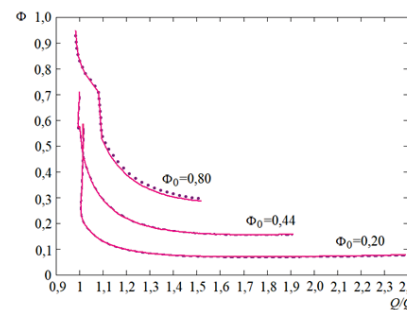
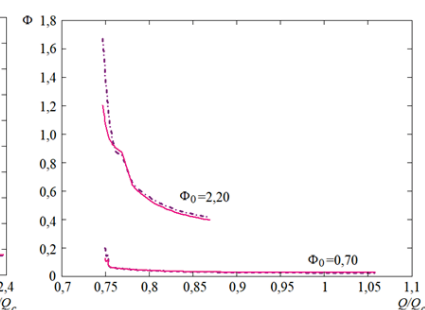
где знак « \pm » соответствует режимам в которых температура первичного теплоносителя уменьшается с увеличением тепловой мощности теплообменника (как в подогревателе II ступени СГВ);

J – постоянный коэффициент, зависящий от режима работы;

Q_c – установочная тепловая мощность теплообменника.

Результаты моделирования различных режимов работы теплообменного аппарата, при разных установочных условиях (разных соотношениях расходов теплоносителей, т.е. Φ_0) и в диапазоне температур первичного теплоносителя $t_{p1}=15 \div 150$ °С, вторичного $t_{p1}=15 \div 65$ °С, показаны на рис. 1-10, где сплошными линиями показаны переменные параметры Φ , определённые по методике [9], пунктирными – по формуле (8).

Результаты расчёта режимов по формуле (8) показали достаточно высокий процент совпадения, погрешность не превышает 5-15%, что вполне допустимо для инженерных расчётов.

Рис. 1. Режим работы при $t_{p1} = 150\text{ °C}$ Рис. 2. Режим работы при $t_{p1} = 70\text{ °C}$ Рис. 3. $t_{p1} = 70\text{--}150\text{ °C}$ Рис. 4. $t_{p1} = 70\text{--}150\text{ °C}$ со срезкой 70 °C Рис. 5. $70\text{--}150\text{ °C}$ со срезкой 70 и 110 °C Рис. 6. $t_{p1} = 150\text{--}70\text{ °C}$ Рис. 7. $t_{p1} = 150\text{--}70\text{ °C}$ со срезкой 70 °C Рис. 8. $t_{p1} = 150\text{--}70\text{ °C}$ со срезками 110 и 70 °C Рис. 9. $t_{p1} = 150\text{ °C}$; $t_{h1} = 50\text{ °C}$ Рис. 10. $t_{p1} = 150\text{--}110\text{ °C}$; $t_{h1} = 50\text{ °C}$

Для режимов на рис. 1-5, $J=19,2$; в режимах 6,7, $J=8,3$; режим 8, $J=46,3$; в режимах 9 и 10 выражение в квадратных скобках равно 1.

Заключение

Предложено выражение для описания переменного параметра теплообменника, применимое для широкого диапазона расходов и температур теплообмениваемых сред. Предложенное соотношение не связано с типом и конструктивными характеристиками теплообменников и может применяться для расчёта переменных режимов крупных систем, состоящих из связанных теплообменников, прогнозирования режимов их работы, в том числе в аварийных ситуациях, построения системы управления.

Литература

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Шубин Е.П. Тепловые характеристики теплообменников // Водоснабжение и санитарная техника, 1962. – № 6. – С. 29-34.
3. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.
4. Чистяков Н.Н., Грудзинский М.М., Ливчак В.И. и др. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1988. – 315 с.
5. Белоногов Н.В., Пронин В.А. Расчет эффективности перекрестно-точных пластинчатых теплообменников // Вестник международной академии холода, 2004. – № 4. – С. 12-15.
6. Хавин Г.Л. Расчет пластинчатого теплообменника с каналами разных типов в одном аппарате // Проблемы машиностроения, 2011. – Т. 14. – № 4. – С. 40-45.
7. Рафальская Т. А. Теории расчета переменных режимов теплообменных аппаратов применительно к тепловым пунктам / Т.А. Рафальская // Сборник трудов III всероссийской научно-технической конференции, посвящённой 80-летию НГАСУ (Сибстрин). Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2010. – С. 242-247.
8. Рафальская, Т. А. Теоретические основы новой теории расчета переменных тепловых и гидравлических режимов работы тепловых пунктов централизованных систем теплоснабжения / Т.А. Рафальская // Наука и мир. Международный научный журнал, 2014. – № 10 (14). Том 1. – С. 56-59.
9. Рафальская Т.А., Рудяк В.Я. О применимости соотношений с постоянными параметрами для расчета переменных режимов теплообменных аппаратов // Известия вузов. Строительство, 2018. – № 8. – С. 91-107.

УДК 697.4

Татьяна Анатольевна Рафальская,
канд. техн. наук, доцент
Александр Рустамович Мансуров, студент
(Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru,
aleksandr937@gmail.com

Tatyana Anatolevna Rafalskaya,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
Aleksandr Rustamovich Mansurov, student
(Novosibirsky State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru,
aleksandr937@gmail.com

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

PROBLEMS OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE REGULATION OF HEAT SUPPLY

В России исторически был принят качественный способ регулирования тепловой нагрузки, заключающийся в изменении температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха при постоянном расходе теплоносителя. В настоящее время центральное качественное регулирование на источниках теплоты практически прекратилось.

Современные методики расчёта качественно-количественного регулирования не позволяют полностью учесть влияние нагрузки горячего водоснабжения на работу систем отопления. Для различных температур наружного воздуха проводился расчет переменных режимов работы системы теплоснабжения, который показал, что существующие графики качественно-количественного регулирования не могут обеспечить комфортный температурный режим помещений вследствие связанной подачи теплоты системам отопления и горячего водоснабжения. Поэтому разработанные ранее методы и технологические приемы регулирования совмещённой тепловой нагрузки характеризуются снижением эффективности, и, соответственно, возникает задача их оптимизации.

Ключевые слова: система теплоснабжения, тепловые сети, качественно-количественное регулирование тепловой нагрузки, система отопления, система горячего водоснабжения, температурный режим помещений.

In Russia, historically, a qualitative method has been adopted to control the heat load, which consists in changing the temperature of the water depending on the change in the outdoor air temperature at a constant flow rate. At present, the central quality regulation at the sources of heat has practically ceased.

Modern methods of calculating the qualitative and quantitative regulation do not allow to fully taking into account the effect of the load of hot water supply on the operation of heating systems. For different temperatures of outdoor air, the calculation of variable operating conditions of the heating system was carried out, which showed that the existing graphs of qualitative and quantitative regulation cannot provide a comfortable temperature regime of the premises due to the associated supply of heat to the heating and hot water systems. Therefore, the previously developed methods and technological methods of controlling the combined heat load are characterized by a decrease in efficiency, and, accordingly, the problem of their optimization arises.

Keywords: heat supply system, heat networks, qualitative and quantitative regulation of heat load, heating system, hot water supply system, temperature regime of premises.

Исторически на территории России сложились условия для использования качественного способа регулирования тепловой нагрузки в качестве

основного. Этому техническому решению способствовали невысокие цены на топливно-энергетические ресурсы, отсутствие острой необходимости энергосбережения в энергетической отрасли и несовершенство или отсутствие приборов автоматического регулирования расхода и температуры теплоносителя у абонентов [1].

В действующем СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» рекомендуется наряду с качественным регулированием отпуска тепла применять качественно-количественное и количественное регулирование. Связано это с кризисным состоянием систем централизованного теплоснабжения. Однако, эти способы практически не получили распространения в отечественных системах теплоснабжения.

Выбор температурного графика необходимо производить, прежде всего, исходя из возможности обеспечения требуемой температуры внутренне-го воздуха помещений при соблюдении качественного горячего водоснабжения. Для этого проводились расчёты переменных режимов одного из ЦТП г. Новосибирска по методике [2] при работе по различным графикам качественно-количественного регулирования.

Результаты расчёта режимов ЦТП

Для каждого графика были рассчитаны режимы работы ЦТП, с расчётной нагрузкой на отопление $Q_{\text{оmax}} = 4,5$ МВт, на горячее водоснабжение $Q_{\text{гв}} = 2,7$ МВт.

1. График Е.Я. Соколова [3] для температур в теплосети 150/70°C.

$$\tau_1(t_n) = t_{\text{вп}} + \Delta t_o^p \cdot (\bar{Q}_o)^{1-\frac{n}{n+1}} + (\delta \tau_o^p - 0,5 \cdot \theta^p) \cdot \frac{\bar{Q}_o}{\bar{G}_o}, \quad (1)$$

где $t_{\text{вп}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °C;

Δt_o^p – температурный напор при смешении воды в смесительном устройстве теплового пункта (ТП), °C; $\Delta t_o^p = (\tau_{o3}^p - \tau_{o2}^p) / 2 - t_{\text{вп}}$;

τ_{o3}^p, τ_{o2}^p – расчетные температуры в подающей и обратной магистрали системы отопления, °C;

$\bar{Q}_o = Q_o / Q_{\text{оmax}}$ – относительная тепловая мощность системы отопления;

$\delta \tau_o^p$ – расчетная разность температур сетевой воды, °C: $\delta \tau_o^p = \tau_{o1}^p - \tau_{o2}^p$;

τ_{o1}^p – расчетная температура воды в подающей магистрали, °C;

θ^p – расчетный перепад температур в системе отопления, °C: $\theta^p = \tau_{o3}^p - \tau_{o2}^p$;

$\bar{G}_o = \bar{Q}_o^n$ – относительный расход в системе отопления; $n = 0,25$ для одноконтурных систем отопления [3] – эмпирический коэффициент;

– температура воды в обратной магистрали системы отопления

$$\tau_{o2}(t_n) = t_{\text{вп}} + \Delta t_o^p \cdot \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5 \cdot \theta^p \cdot \bar{Q}_o^{0,75}. \quad (2)$$

2. График Е.Я. Соколова [3] для температур в теплосети 114/70 °С.
 3. График В.К. Дюскина [4].
- Температура воды в подающей магистрали тепловой сети:

$$\tau_1(t_n) = t_{вп} + \left[\frac{\tau_1^p + (2u_p + 1)\tau_{o2}^p}{2(u_p + 1)} - t_{вп} \right] \bar{Q}_o^{0,8} + \frac{(2u_p + 1)(\tau_1^p - \tau_{o2}^p)(t_{вп} - t_n)}{[2(u_p + 1)](t_{вп} - t_{но})P}, \quad (3)$$

где u_p – расчетный коэффициент смешения, $u_p = (\tau_1^p - \tau_{o3}^p) / (\tau_{o3}^p - \tau_{o2}^p)$;

P – коэффициент изменения расхода воды в системе отопления в зависимости от наружной температуры:

$$P(t_n) = \frac{(50u_p + 25)t_n - 900u_p - 450}{4050 - 129t_n - 96\tau_{o3}}.$$

4. График Панфёрова В.И., Денисенко Ю.Н. [5], в котором в формулах (1) и (2) применяется значение показателя степени $n=0,505$, определённое экспериментально для современных отопительных приборов;

5. Криволинейный график В.Ф. Гершковича [6], кривизна которого отражает экспоненциальную зависимость теплоотдачи отопительного прибора от разности температур на его поверхности:

$$\tau_1(t_n) = 16,1 + 139,7 \cdot \bar{Q}_o - 38,4 \cdot \bar{Q}_o^2. \quad (4)$$

6. Зонированный график В.И. Шарапова, П.В. Ротова [1]. При низких наружных температурах производится количественное регулирование, в средней части графика – качественное регулирование и в переходном диапазоне отопительного периода – снова количественное регулирование тепловой нагрузки.

Для диапазона количественного регулирования температура воды в обратной магистрали теплосети

$$\tau_{o2}(t_n) = \tau_1^p - \delta \tau_o^p \frac{\bar{Q}_o}{G_o}, \quad (5)$$

где относительный расход сетевой воды для системы отопления

$$\bar{G}_o(t_n) = \frac{\bar{Q}_o}{1 + \frac{\Delta t_o^p}{\delta \tau_o^p - 0,5 \cdot \theta^p} (1 - \bar{Q}_o^{0,8})}. \quad (6)$$

Расходы сетевой воды для этих графиков приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расходы воды в теплосети

Наименование показателя	График качественно-количественного регулирования					
	Соколова Е.Я. 150/70 °С	Соколова Е.Я. 114/70 °С	Дюскина В.К.	Панферова В.И.	Гершковича В.Ф.	Шарапова В.И., Ротова В.П.
Точка излома, °С	1,5	-7,1	-3,9	-1,9	-6,1	-4,9
$G_{дл}$, т/ч	35,5	35,2	35,1	35,5	35,0	36,0
$G_{до}^{max}$, т/ч	47,9	87,1	88,2	87,1	80,9	83,2
G_d , т/ч	70,3	106,1	96,7	98,3	99,7	83,2

По графикам тепловой мощности и суточного водопотребления горячей воды в рабочие и выходные дни были определены температуры внутреннего воздуха для зданий с коэффициентом тепловой аккумуляции $\beta=73$ ч. Результаты расчётов для четырёх диапазонов наружных температур, продолжительностью в 1 неделю (рис. 1), показаны на рисунках 2-5.

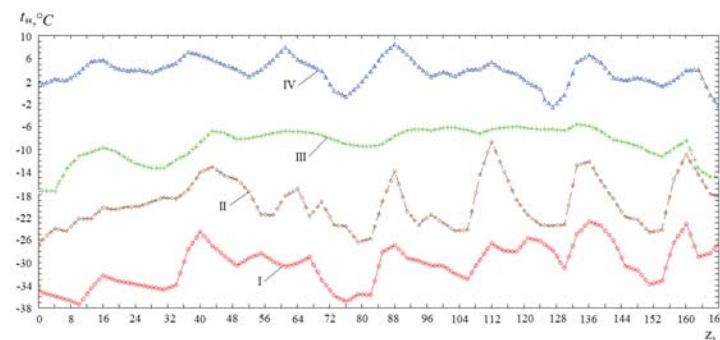


Рис. 1. Температура наружного воздуха
I – 21.01.2018-27.01.2018; II – 28.01.2018-03.02.2018; III – 23.12.2017-29.12.2018; IV – 30.09.2017-06.10.2017

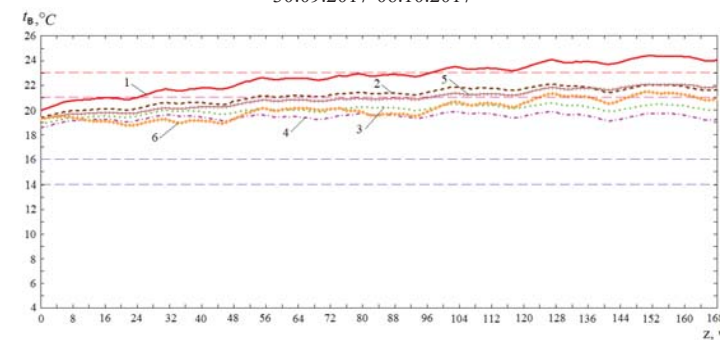


Рис. 2. Температура внутреннего воздуха для I диапазона наружных температур
Цифры – номера графиков

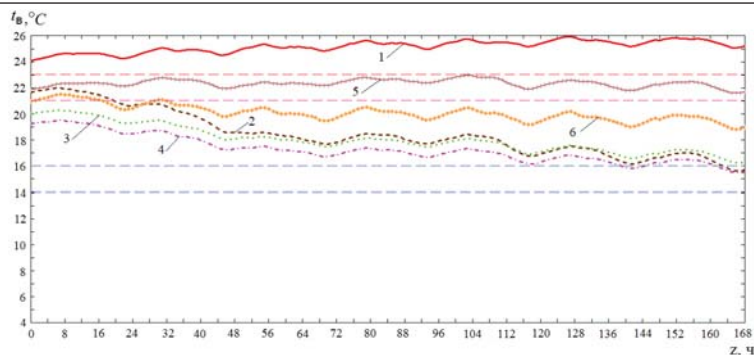


Рис. 3. Температура внутреннего воздуха для II диапазона наружных температур
Цифры – номера графиков

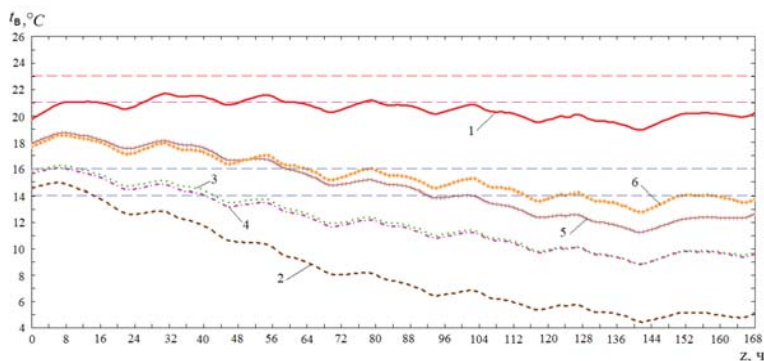


Рис. 4. Температура внутреннего воздуха для III диапазона наружных температур
Цифры – номера графиков

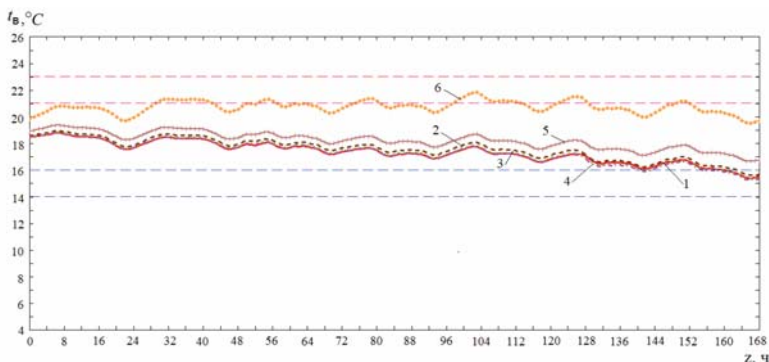


Рис. 5. Температура внутреннего воздуха для IV диапазона наружных температур
Цифры – номера графиков

Заключение

1. График качественно-количественного регулирования, разработанный Соколовым Е.Я. [3], был разработан, в основном, для температурного графика 150/70 °С и отопительных приборов – чугунных радиаторов. В современных условиях, переход на этот график при действующих низких температурах теплоносителя, не обеспечит допустимой температуры внутреннего воздуха отапливаемых зданий.

2. Наименьшие колебания температуры внутреннего воздуха обеспечивает криволинейный график Гершковича В.Ф. [6].

3. Наиболее неблагоприятный внутренний режим наблюдается в пределах точки излома температурного графика. Причём у низкотемпературных графиков точка излома приходится на область более низких наружных температур, когда теплопотери ещё достаточно велики.

4. Наиболее оптимальный температурный режим при небольшом расходе сетевой воды, может быть обеспечен при применении графика, предложенного Шараповым В.И., Ротовым П.В. [1], однако, в этом графике применяется не качественно-количественное центральное регулирование, а имеются отдельные диапазоны качественного и количественного регулирования.

Литература

1. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. – Москва: Изд-во «Новости теплоснабжения», 2007. 174 с.
2. Рафальская Т.А. Низкотемпературные режимы работы тепловых сетей при качественно-количественном регулировании // Новая наука: теоретический и практический взгляд: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции. Ч. 2. Стерлитамак: АМИ, 2016. С. 141-143.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 7-е издание. Москва: Изд-во МЭИ, 2001. 472 с.
4. Дюскин В.К. Количественно-качественное регулирование тепловых сетей. Москва: Госэнергоиздат, 1959. 145 с.
5. Панферов В.И., Панферов С.В. К теории управления режимами централизованного теплоснабжения // Вестник Южно-Уральского государственного университета: Серия: Строительство и архитектура, 2011. № 16 (233). с. 41-45.
6. Гершкович В.Ф. Сто пятьдесят... Норма или перебор? (Размышления о параметрах теплоносителя) // Энергосбережение, 2004. № 5. С. 14-19.

УДК 697.7

Юлия Андреевна Трубина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: trubina21052011@gmail.com

Julia Andreevna Trubina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: trubina21052011@gmail.com

ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ТЕРМОАКТИВНОГО ЗДАНИЯ

HEATING SURFACES OF THERMALLY ACTIVE BUILDING SYSTEM

При разработке систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха проектировщики придерживаются следующих принципов: оптимизация энергопотребления

и капитальных затрат; минимальная площадь для размещения оборудования; учет архитектурных решений помещений, возможность особенного дизайна устройств; безопасность; обеспечение требуемого качества воздуха; бесшумность системы.

Все эти принципы реализованы в новом подходе к климатизации помещений, в таком как термоактивные системы (**Thermo Active Building Systems, TABS**). Благодаря этим системам возможен нагрев и охлаждение пространства помещения с помощью массивных бетонных конструкций самого здания. Из-за своей массивности ограждающие конструкции накапливают большее количество теплоты или холода, тем самым повышают энергоэффективность здания.

Главная задача термоактивной системы – не вытеснить традиционные системы отопления и вентиляции, а снять часть их нагрузки для улучшения микроклимата в помещении, по возможности интегрировав в систему возобновляемые источники энергии. Данную систему необходимо предусмотреть на этапе проектирования здания, а не последующей его эксплуатации и реконструкции, так как залить трубы бетоном можно только в процессе строительства.

Ключевые слова: термоактивная система, отопление, отопительные поверхности, энергосбережение, полиэтиленовые трубы, водяное отопление.

When developing heating, ventilation and air conditioning systems designers follow further the principles: energy and capital optimization; minimum area for equipment placement; accounting of architectural solutions of the premises, the possibility of special design of devices; safety; providing the required air quality; noiseless system.

All these principles are implemented in a new approach to room climatization in such as **Thermo Active Building Systems (TABS)**. Due to TABS heating and cooling room space are possible by massive concrete building constructions. Because of massiveness enclosing structures accumulate more heat or cold thereby they raise building energy efficiency.

The main TABS objective is not displacement conventional heating and ventilation systems, but it is cut part of the load for room climate improvement, whenever possible integrating renewable energy sources into the system. TABS need to provide when a building is being designed, not in operation and renovation because pipes can be poured with concrete only during construction.

Keywords: Thermo Active Building Systems (TABS), heating, heating surfaces, energy-saving, polyethylene tube, water heating.

Термоактивная система зданий (TABS) – это система водяного панельно-лучистого отопления и охлаждения, в которой трубопроводы замоноличены в массивные бетонные конструкции здания.

Подобный подход к климатизации помещений появился еще в 1930-х годах. Но большинство первых систем оказались неэффективными из-за конденсата, образующегося на охлаждающей поверхности при работе в режиме охлаждения. При дальнейших исследованиях эта проблема решалась благодаря контролю температуры подаваемой воды или влагосодержания внутреннего воздуха. Еще одна проблема возникла из-за использования стальных труб, замоноличенных в бетонные конструкции, – риск утечки теплоносителя. Поэтому после появления труб из сшитого полиэтилена популярность термоактивных систем начала расти.

Конструктивные особенности

Аккумулировать теплоту могут как стены, так и потолок, пол. Поэтому применяется несколько способов размещения труб в бетонных конструкциях.

На рис. 1 показан пример укладки полиэтиленовых труб в полу и их замоноличивание (напольное отопление).



Рис. 1. Замоноличивание полиэтиленовых труб

Пример потолочного отопления приведен на рис. 2.

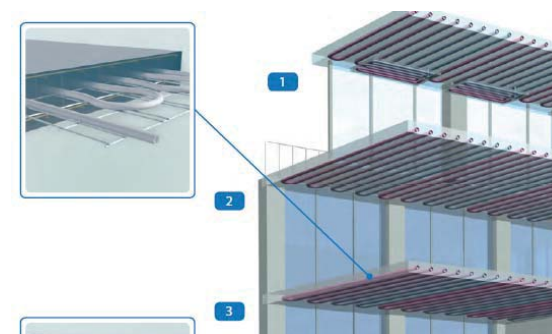


Рис. 2. Схема размещения полиэтиленовых труб в потолочном перекрытии

Преимущества отопительных поверхностей термоактивной системы

Отопительные поверхности, такие как стены и пол (потолок), не накапливают пыль, в отличие от конвекторов или стальных панельных радиаторов. Поэтому отсутствует потребность в очистке рассматриваемых поверхностей.

Нагрев воздуха осуществляется водой с температурой, близкой к комнатной температуре. В соответствии с [3] средняя температура поверхности строительных конструкций со встроенными нагревательными элементами следует принимать не выше 26 °С – для полов помещений с постоянным пребыванием людей.

Из этого следует:

- благодаря использованию теплоносителя с температурой, близкой к комнатной, возможно применение тепловых насосов;
- предотвращаются ожоги при соприкосновении с отопительной поверхностью (водяная система с радиаторами допускает температуру 95-105 °С).

Равномерность нагрева пространства помещения обусловлена большей площадью отопительной поверхности.

Пример

Рассмотрим офисное помещение, существующее и эксплуатируемое в настоящее время. Как показано на рис. 3, в кабинете много мебели: 5 столов, 2 стеллажа, 2 шкафа для одежды.

На сегодняшний день в кабинете установлены под окнами секционные алюминиевые радиаторы, закрытые декоративными экранами. При температуре наружного воздуха, близкой к 0 °С, в кабинете становится холодно – установленная система отопления не способна обеспечить равномерный нагрев помещения.

Если бы данное здание проектировали, используя принципы термоактивной системы, то самым оптимальным вариантом в качестве отопительной поверхности был бы пол: его поверхность наиболее открыта, в отличие от двух стен, которые закрыты шкафами и столами. Если рассматривать стены в качестве отопительной поверхности, то нагрев воздуха будет неравномерным.

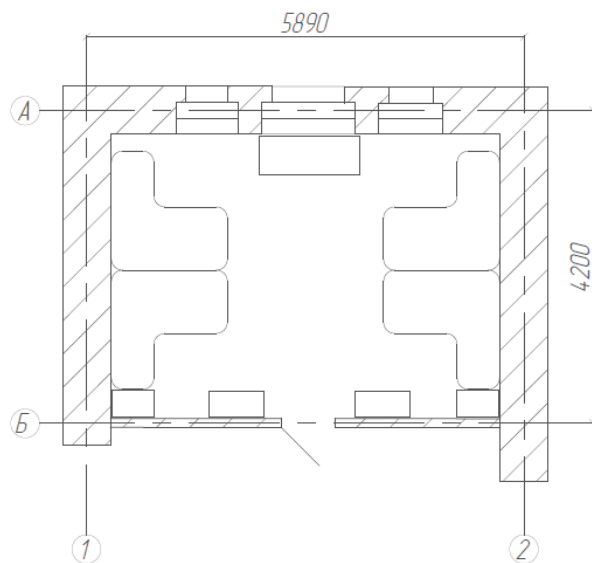


Рис. 3. План офисного помещения

В качестве покрытия пола используется керамическая плитка, которая имеет высокую теплопроводность относительно других покрытий.

В помещении имеется подвесной потолок с плитами для размещения электрических кабелей.

При термоактивной системе отопительные приборы (радиаторы, конвекторы) отсутствуют – они не занимают место, не противоречат своим внешним видом общему дизайну офиса, не требуют очистки от пыли.

Преимуществом термоактивных зданий является возможность использования возобновляемых источников энергии. Но рассматриваемое помещение находится в здании, отдалённом от подобных источников энергии.

Таким образом, используя современный подход при проектировании систем отопления, возможно улучшить условия микроклимата, затрачивая на это минимальное количество энергии и денежных ресурсов.

Литература

1. Шилкин Н.В. Термоактивные системы отопления и охлаждения зданий // Журнал «АВОК». 2012. №5. С. 36-47.
2. Pfaffert J., Kalz D. Thermo-active building systems // Themen info I. Bine Informationsdienst. 2007.
3. Свод правил: СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003: нормативно-технический материал. – М., 2016. – 102 с.

УДК 502.174

Ангелина Михайловна Хрисанфова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: angelina_volzhin@inbox.ru

Angelina Mikhailovna Khrisanfova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: angelina_volzhin@inbox.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИТП С УСТАНОВКОЙ АВТОМАТИКИ ПОГОДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И КОРРЕКТИРУЮЩЕГО НАСОСА НА ПЕРЕМЫЧКЕ К ЭЛЕВАТОРУ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ

ITP MODERNIZATION WITH INSTALLATION OF WEATHER- CONTROLLED AUTOMATION AND CORRECTING PUMP ON A LINE TO A WATER PUMP IN THE HEATING SYSTEM

Качественное регулирование работы системы отопления является основным мероприятием по экономии тепловых ресурсов у конечного потребителя, т.е. в жилом доме. Регулирование температуры в системе осуществляется либо элеватором (водоструйным насосом), либо насосом на подмешивающем обратном трубопроводе. Узлы ввода тепловой сети в здании с элеватором все ещё присутствует в домах старой постройки. Наиболее экономным способом реконструировать их является установка подмешивающего насоса на подсасывающем патрубке элеватора и регулирующего клапана на подающем трубопроводе тепловой сети. Таким образом решается задача качественного регулирования и обеспечивается циркуляция теплоносителя при аварии на тепловой сети.

Ключевые слова: система отопления, качественное регулирование, водоструйный насос, циркуляционный насос.

High-quality regulation of the heating system is the main measure for saving thermal resources at the end user, i.e. in a residential building. Temperature control in the system is carried out either by a water jet pump or by a pump on the mixing return line. The nodes of the heat

network in the building with a water jet pump is still present in the houses of the old building. The most economical way to reconstruct them is to install a mixing pump on the suction port of the water jet pump and control valve on T1. Thus, the task of quality regulation is solved and the coolant circulates in case of an accident on the heating network.

Keywords: heating system, high-quality regulation, water-jet pump, circulation pump.

Проблема энергосбережения в строительной области и жилищно-коммунальном хозяйстве в настоящее время становится все более актуальной. Всю совокупность факторов, влияющих на сокращение, в частности, потребления тепловой энергии для нужд отопления сооружений различного назначения, можно разделить на следующие группы: связанные с физическими свойствами материалов; связанные с использованием энергopotенциала вторичных ресурсов; связанные с автоматизацией работы оборудования.

Одним из мероприятий по эффективному использованию систем центрального отопления (ЦО) зданий является качественное регулирование температуры теплоносителя, поступающего к нагревательным приборам.

В технических условиях на подключение потребителей к наружным тепловым сетям эксплуатационные органы указывают температурный график, по которому осуществляется теплоснабжение. Например, температура сетевой воды $t_c=150$ °C, а $t_2=70$ °C при расчетной температуре наружного воздуха.

Погодное регулирование температуры может осуществляться как непосредственно в котельных, так и в смесительных установках ИТП зданий различного назначения. В качестве таких установок применяют, как правило, насос в комплекте с автоматизированной арматурой (трёхходовыми или двухходовыми клапанами), датчиками температуры и контроллером управления. В то же время на вводах тепловых сетей продолжают использоваться и водоструйные насосы-элеваторы.

Принцип действия элеватора состоит в том, что в его конструкции имеется сопло конусообразной формы. Струя воды, истекающая из отверстия сопла с высокой скоростью, сужается по сечению, при этом образуется зона пониженного давления, благодаря чему вода из обратной магистрали перемещается в камеру смешения [1].

Коэффициент полезного действия такого устройства не превышает 40% при малом коэффициенте смешения ($U = G_0/G_c = (t_c-t_1)/(t_1-t_2)$), практически КПД близок к 10 %.

Постоянство коэффициента смешения (определяется диаметром сопла) исключает местное качественное регулирование. Для устранения последнего недостатка применяют элеваторы с регулируемым соплом [2]. Элеваторный привод такого водоструйного насоса регулирует подачу теплоты в систему отопления в зависимости от изменения температуры наружного воздуха. Следует заметить, что элеваторы применяют для систем ЦО с расчётными потерями, давление в них не более 1,5÷2,0 м [3].

Другой недостаток элеватора – прекращение циркуляции воды при остановке сетевых насосов в котельной.

Одним из вариантов малозатратной реконструкции элеваторных узлов ввода теплосети в здание является техническое решение с размещением циркуляционного насоса на подмешивающей линии к элеватору [4]. При такой схеме в обычном режиме насос выключен, и циркуляция воды в системе ЦО осуществляется за счёт энергии сетевой воды. При наиболее высоких наружных температурах отопительного сезона насос включается для интенсивного подмешивания обратной охлаждённой воды, а также для обеспечения циркуляции в аварийных ситуациях. Теоретически основы работы струйных аппаратов изложены в [5].

Литература

1. Богословский В.Н., Сканиви А.Н. Отопление: Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1991. 35 с.
2. Ерёмкин А.И., Королева Т.И. Тепловой режим зданий: Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2000. 368 с.
3. Манюк В.И. и др., Наладка и эксплуатации водяных тепловых сетей: Справочник. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учеб. для вузов. М.: Энергия, 1975. 376 с.
5. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергия, 1970. 286 с.

УДК 697.975

Сергей Сергеевич Шершунювич, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: sergei-sergeevich-2014@mail.ru

Sergey Sergeevich Sershunovich, student
Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering
E-mail: sergei-sergeevich-2014@mail.ru

АНАЛИЗ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СТАНЦИИ

ANALYSIS OF THE DESIGN SOLUTION OF AIR CONDITIONING SYSTEMS IN THE PREMISES OF THE AUTOMATIC TELEPHONE STATION

Современные системы коммуникации требуют поддержания оптимальных параметров воздуха. Для стабильного функционирования электронных систем необходимо устройство высокоэффективных систем технологического кондиционирования. В данной статье выполнен анализ проектного решения систем кондиционирования воздуха в помещении автоматической телефонной станции (АТС), насыщенной технологическим оборудованием со значительными тепловыделениями. Определены тепловые нагрузки на системы кондиционирования воздуха. Рассмотрены особенности функционирования чиллер с функцией фрикулинга (естественного охлаждения), использования прецизионных кондиционеров, организации воздухообмена.

Ключевые слова: кондиционирование воздуха, автоматическая телефонная станция

Modern communication systems require maintaining optimal air parameters. For the stable functioning of electronic systems, it is necessary to set up highly efficient process air conditioning systems. This article analyzes the design of air conditioning systems in the automatic tel-

ephone exchange, which is saturated with technological equipment with significant heat generation. Thermal loads on air conditioning systems have been determined. The features of the functioning of the chiller with the function of free-cooling (natural cooling), the use of precision air conditioners, and the organization of air exchange are considered.

Keywords: air conditioning, automatic telephone station.

АТС – это система устройств, обеспечивающая автоматическое соединение и поддержание телефонной связи между абонентами, а также содержащая цифровое оборудование и связанные с ним устройства.

Охлаждающее оборудование системы кондиционирования воздуха (СКВ) должно обеспечивать надлежащее распределение воздуха и поддерживать заданный температурный режим [1 - 3]. Каждая стойка должна получать определенное количество охлажденного воздуха, достаточного для удаления выделяемой теплоты.

Существует несколько параметров, которые могут повлиять на эффективность охлаждения, такие как [4]:

- высота потолка, где может возникнуть смешение охлажденного воздуха от системы кондиционирования и нагретого воздуха от оборудования;
- высота фальшпола, что важно для правильного распределения охлажденного воздуха между оборудованием.

Для анализа эффективности используемых проектных решений СКВ выполнен расчет тепловой нагрузки в теплый период года. Расчет теплопоступлений в помещение выполнен для теплого периода года. Согласно [5] принята температура наружного воздуха +25 °С. Результаты расчета, выполненного с учетом рекомендаций [1-4]:

– тепловыделения от оборудования	- 57 кВт;
– теплопоступления от солнечной радиации, освещения, персонала	- 3 кВт;
– суммарные теплопоступления	- 60 кВт
– требуемая холодопроизводительность кондиционера	-60 кВт.

Проектом предусматривается установка системы «чиллер-фэнкойл» с использованием охлажденной водно-гликолевой смеси. В качестве холодильной машины выбран чиллер (рис. 1) с функцией фрикулинга (естественного охлаждения) 63.6 кВт производства компании STULZ (Германия).

Отличительной особенностью оборудования STULZ является высочайшая точность, система устройств позволяет контролировать температуру воздуха с точностью до градуса. В качестве фэнкойлов (кондиционеров-доводчиков) - прецизионные кондиционеры (шкафного типа мощностью 31,4 кВт фирмы STULZ (Германия)).

Для соответствия требованиям СП 60.13330.2016 [1] о резервировании систем кондиционирования, работающих круглосуточно в течение года, предусматривается резервирование системы кондиционирования по схеме 2+1 (2 рабочих фэнкойла, 1 резервный). Также предусматривается резерви-

рование холодильной машины за счет установки второго (резервного) чиллера. Все устройства СКВ объединяются в одну автономную систему. Управление работой кондиционеров осуществляется штатными контроллерами, входящими в комплект поставки. На рис. 1 представлена схема организации воздухообмена. Забор теплого воздуха в помещении осуществляется кондиционерами из верхней зоны, подача охлажденного воздуха происходит в пространство фальшпола. Размещение оборудования в помещении организовано по принципу «холодных» и «горячих» коридоров. Охлажденный воздух подается в «холодный» коридор через напольные плиты с перфорацией.

На данном объекте установлены кондиционеры марки Stulz с носителем в виде 40 % водно-гликолевой смеси, что соответствует климатическим условиям.

Система фрикулинга предусматривает в холодный период года охлаждение жидкости не в испарителе, как обычно, а теплообменнике – драйкулере (сухом охладителе), в котором источником охлаждения выступает наружный воздух низкой температуры, нагнетаемый осевыми вентиляторами. Благодаря тому, что в режиме фрикулинга не работает компрессор (наиболее энергоемный компонент холодильной системы), наблюдается ощутимая экономия эксплуатационных затрат предприятия. К тому же происходит экономия ресурса компрессора, что в свою очередь увеличивает срок его службы, уменьшает капитальные затраты на ремонт изношенного агрегата. Функция фрикулинга позволяет использовать наружный воздух для охлаждения теплоносителя при понижении температуры наружного воздуха. Этим достигается экономия потребления электроэнергии чиллером до 60 %.

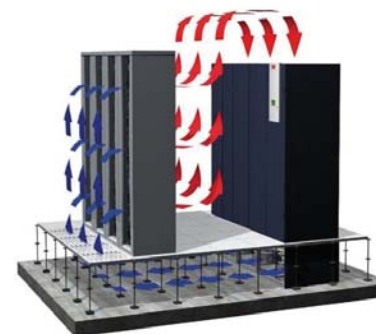


Рис. 1. Схема организации воздухообмена

Естественное охлаждение основано на использовании наружного воздуха для охлаждения теплоносителя, что снижает затраты на электроэнергию.

В летний период компрессоры на прецизионных кондиционерах работают с нагрузкой 90-100%. При таких нагрузках температура холодного ко-

ридера остается неизменной, что говорит о правильно подобранном оборудовании и его эффективности.

Режим работы определяется основным контроллером в соответствии с температурой наружного воздуха. Практически 50% функционирования СКВ используется естественное охлаждение. Преимущества экономии энергии очевидны:

- весь цикл охлаждения находится во внутреннем блоке, собранном на заводе-изготовителе, что обеспечивает максимальную надежность соединений по сравнению с выносным конденсатором;
- использование антифриза обуславливает больший допустимый радиус действия;
- в рассматриваемой климатической зоне за счет использования антифриза снижается энергопотребление;
- увеличение срока службы компонентов;
- снижение шума.

Анализ проектного решения системами кондиционирования показал, что системы с гликолевым охлаждением являются наиболее эффективными для рассматриваемых объектов.

Литература

1. СП 60.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 41–01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Введ. 2017–01–01. – М.: Минрегион России, 2017. – 81 с.
2. Ананьев В.А., Балуева Л.Н., Гальперин А.Д. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. М.: Евроклимат, 2015. 416 с.
3. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В.А. Ананьев [и др.]. – М.: Евроклимат: Диксис Трейдинг, 2016.
4. Резников Г.В. Системы прецизионного кондиционирования воздуха с «гибкой» технологией работы для помещений с компьютерной техникой // Журнал С.О.К. - 2012. - № 10.
5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23–01–99*. – Введ. 2013–01–01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 120 с.
6. Оригинальная инструкция по эксплуатации. Прецизионные кондиционеры CyberAir 3PRO CW Редакция 4.2017
7. Инструкция по эксплуатации CyberCool 1 Прецизионные Чиллеры Редакция 4 2017.

СЕКЦИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 504.3.054

Екатерина Дмитриевна Быстрова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: katrinabystrova@mail.ru,

Ekaterina Dmitrievna Bystrova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: katrinabystrova@mail.ru,

ОПТИМИЗАЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ ДЕВЯТКИНО-1 С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

OPTIMIZATION OF BOILER DEVYATKINO-1 WITH THE AIM OF IMPROVING ITS ENVIRONMENTAL SAFETY

Экологическая безопасность – один из основных направлений современности. Любой технический объект оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Газовые котельные являются экологически безопасными, однако и они могут оказывать пагубное воздействие на здоровье человека и окружающую среду в целом. В настоящее время вопросы экологической безопасности занимают ведущее место в современном мире. Исходя из вышеизложенного вопросы экологической безопасности каждого технического объекта становятся актуальными. В статье рассматривается повышение экологической безопасности газовых котельных на основе котельной Девяткино 1. Современные котельные используются в качестве систем отопления зданий и сооружений.

Ключевые слова: котельные, котельное оборудование, экологическая безопасность, загрязняющие вещества, источники шума, расчетные точки.

Environmental safety is one of the main directions of our time. Any technical object has a negative impact on the environment and human health. Gas boilers are environmentally friendly, but they can also have a detrimental effect on human health and the environment as a whole. At the present time environmental safety issues occupy a leading position in the modern scientific approaches. Based on the above, the environmental safety issues of each technical object become actual and relevant to know then. Improving the environmental safety of gas installations (based on the boiler house Devyatkinо 1) is considered in the article. Modern boiler plants are used as buildings and structures heating systems.

Keywords: boilers, boiler equipment, environmental safety, pollutants, noise sources, design points.

Вопросы экологической безопасности заняли одно из ведущих мест в современном мире. В целях предотвращения возможных глобальных экологических проблем, необходимо уделять пристальное внимание к системам экологической безопасности каждого технологического объекта в отдельности.

В статье рассмотрению подлежит повышение экологической безопасности газовых котельных на основе котельной Девяткино-1 [1].

Котельные используются в качестве основных систем отопления жилых и производственных комплексов.

Системы газовых котельных широко используются в России уже в 50-е годы прошлого века. Принцип их работы заключается в преобразовании химической энергии газа в тепловую энергию воды, которая и является рабочим теплом в теплоносителях.

Газовая котельная гораздо экологичнее, чем угольная или мазутная, но и они создают пагубное воздействие на окружающую среду.

Основными параметрами для оценки воздействия объекта на окружающую среду являются: химическое загрязнение атмосферного воздуха и его физические влияния (т.к. шумовое, вибрационное, ЭМИ).

Для выявления возможного негативного воздействия на окружающую среду был проведен анализ воздействия объекта в период эксплуатации.

Проанализированы возможные загрязняющие вещества, которые образуются в процессе эксплуатации котельной, а именно диоксид азота, углерод (сажа), бензин, керосин и т. п. [2-3].

Для оценки влияния выбросов от объекта на атмосферный воздух произведен расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере для холодного периода года, характеризующегося наихудшими условиями рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере (без учета/с учетом фонового загрязнения атмосферного воздуха в районе расположения объекта проектирования). Оценка влияния проводилась в расчетных точках (РТ) на границах земельного участка и у самих источников загрязнения.

Согласно СанПиН 2.1.6.1032 – 01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» в жилой зоне и на других территориях проживания должны соблюдаться гигиенические критерии качества атмосферного воздуха ПДК и 0,8 ПДК в местах массового отдыха населения, на территориях размещения лечебно-профилактических учреждений и центров реабилитации [4].

По итогам можно сделать вывод, что воздействие источников выброса загрязняющих веществ не превышает санитарно-гигиенические нормы и требования и является допустимым для нормируемых территорий. В этой связи было проведено обследование воздействия акустических полей объекта.

Были выявлены все возможные внутренние и внешние источники шума, а именно источниками шума котельной являются:

1. Трубы котельной (ИШ1);
2. Дефлекторы (ИШ2);
3. Вентиляторы (ИШ4);
4. Жалюзийные решетки (ИШ3);
5. Стены котельной (ИШ5).

Были выбраны 4 (четыре) расчетные точки (РТ) для определения уровня шума по периметру территории [5].

1. РТ1 – на северной границе в 42,5 м от северной границы землеотвода, на высоте 1,5 м от земли;

2. РТ2 – на восточной границе в 41,5 м от восточной границы землеотвода, на высоте 1,5 м от земли;

3. РТ3 – на южной границе в 7 м от южной границы землеотвода, на высоте 1,5 м от земли;

4. РТ4 – на западной границе в 42 м от западной границы землеотвода, на высоте 1,5 м от земли;

5. РТ5 – у ближайшего к котельной строящегося 25-и этажного жилого дома комплекса Сэтл Сити, на высоте 1,5 м от земли.

В табл. 1 представлены результаты проведенных замеров в расчетных точках.

Таблица 1

Нормативные значения шума

Нормируемая территория	Уровень звука, ДБА
	<i>L_{wa}</i>
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, ночь	55
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, день	68
Результирующие значения уровней шума в расчетных точках	
Р.Т 1	49
Р.Т 2	48
Р.Т 3	47
Р.Т 4	49

Из расчета акустического воздействия котельной на селитебную территорию следует, что на границе с ближайшей нормируемой территорией шумовые загрязнения имеют превышение от нормативных параметров, а именно ночное время у территории жилой застройки на 10 дБА, а в дневное время превышение составляет 13 дБА.

Превышение шумовых показателей относительно нормативных значений, даже незначительно, приводит к ухудшению здоровья людей, а именно: повышается раздражительность, ухудшается слух, появляется расстройство нервной системы.

В связи с этим, для обеспечения экологической безопасности населения необходимо предусмотреть дополнительные меры по уменьшению шумового воздействия на прилегающие территории от объекта.

Был проведен анализ возможных мероприятий по уменьшению шумового воздействия от объекта. Было принято решение, что наиболее экономически выгодным будет установка в местах присоединения насосного оборудования вибродемпфирующих вставок (компенсаторов). Данное мероприятие позволит снизить шумовое воздействие на близлежащей территории жилых домов до нормативных значений.

Так же в процессе эксплуатации необходимо соблюдать требования завода изготовителя котельного оборудования и проводить его регулярный осмотр.

Литература

1. Федеральный закон №52-ФЗ (с изменениями и дополнениями от 29 декабря 2014 г.). О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. – Введ. 1999-06-04.
2. Федеральный закон № 96-ФЗ от 04.05.99 (с изменениями на 29.07.2018 г.). Об охране атмосферного воздуха.
3. Приказ Минприроды России N 273 от 06.06.2017. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе.
4. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. – Введ. 2001-01-10.
5. СП 51.13330.2011. Защита от шума.

УДК 331.453

Татьяна Николаевна Гончарук, студент
Анна Андреевна Егорова, студент
 (Санкт-Петербургский государственный
 архитектурно-строительный университет)
 E-mail: *tatjana.goncharuk@yandex.ru*,
egorovaa777@gmail.com

Tatiana Nikolaevna Goncharuk, student
Anna Andreevna Egorova, student
 (Saint Petersburg State University
 of Architecture and Civil Engineering)
 E-mail: *tatjana.goncharuk@yandex.ru*,
egorovaa777@gmail.com

ПОДХОДЫ К ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

METHODS FOR IDENTIFICATION OF HAZARDOUS AND HARMFUL FACTORS OF WORKING ENVIRONMENT AND WORKING PROCESS BASED ON NEW DOCUMENTS

Обеспечение безопасности человеческого труда – неотъемлемый процесс организации работ, состоящий из различных частей, одной из которых является управление профессиональными рисками. Начальным этапом данного комплекса мероприятий является идентификация опасностей, в процессе которой происходит учет недостатков в системе обеспечения безопасности труда, выявление потенциально возможных факторов, представляющих угрозу для безопасности на предприятии в целом и для жизни работника в частности. Основываясь на существующую нормативную базу идентификации опасностей и принятые, на сегодняшний день, Межгосударственные стандарты, в данной статье предлагается подход к идентификации факторов, являющихся опасными для производственной среды и трудового процесса.

Ключевые слова: опасные и вредные факторы, опасность, идентификация опасностей, оценка рисков, риск-ориентированный подход, реестр опасностей.

Ensuring the safety of human labor is a main process of work organization, consisting of various parts. One of them is management of professional risks. The initial stage of this set of action is the identification of hazards. The identification process takes into account shortcomings in the labor safety system, identifies potential factors that threaten the safety of workers in particular and the factory as a whole. Based on the existing regulatory framework for hazard identification and currently adopted Interstate standards, this article proposes a method for identifying hazardous and harmful factors of the working environment and the work process.

Keywords: hazardous and harmful factors, hazard, identification of hazards, risk assessment, risk-based method, hazard register.

При выполнении строительных работ всегда возникают явления, факторы и характеристики, причиняющие вред здоровью, наносящие производственные травмы, способствующие возникновению профессиональных заболеваний и вызывающие чрезмерное психологическое и физическое перенапряжение работника [1]. Эти факторы мы называем опасностью. Реализуясь во времени и пространстве, опасности вызывают вред здоровью работника, который выражаются в нервных потрясениях, болезнях, травмах и смертельных исходах [2]. Поэтому их выявление является важной задачей в реализации политики комплексного подхода к формированию и совершенствованию системы охраны труда. Идентификация опасностей является начальным этапом оценки рисков [2], которая осуществляется на основании статистических данных, используя в комплексе методологические подходы.

Согласно статье 212 ТК РФ управление профессиональными рисками есть неотъемлемая часть системы управления охраной труда [3]. СанПиН 2.2.4.3359-16 регламентирует необходимость проведения работодателем оценки риска для здоровья работников при превышении уровня вредных и (или) опасных факторов, а также подтверждения приемлемого риска для здоровья сотрудников при отсутствии превышения данного уровня [4]. С 1.03.2017 года государственный надзор в сфере труда осуществляется с применением риск-ориентированного подхода [5].

Единой методики оценки профессиональных рисков, обязательной для применения на сегодняшний день нет, поэтому мы опираемся на системы стандартов безопасности труда в данной сфере (ГОСТ Р 12.0.010-2009 ССБТ. СУОТ. Определение опасностей и оценка рисков, ГОСТ Р 54934-2012/ОHSAS 18001:2007 Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования, СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах») [6]. На сегодняшний день принят Межгосударственный стандарт ССБТ – ГОСТ 12.0.230.4-2018 «СУОТ. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ». Данный государственный стандарт содержит различные методы, приемы и рекомендации, позволяющие, исходя из специфических особенностей условий труда конкретной организации, проводить наиболее продуктивную работу по идентификации потенциальных опасностей [7]. С 1 июня 2019 года вступит в силу ГОСТ 12.0.230.5-2018 ССБТ «СУОТ. Методы оценки риска для обеспечения безопасности». Используя данную нормативную базу для идентификации опасностей и опираясь на основные ее положения, предлагаем следующий подход к идентификации ВОФ производственной среды и трудового процесса (рис. 1).

1. Исходные данные вида производственной деятельности. В данном блоке необходимо выделить сведения, которые нужны для формирования реестра опасностей. Сюда могут входить: частота и длительность выполнения работ; количество персонала, выполняющих работу, их квалификация; перечисление используемого оборудования, инструментов; характеристики и свойства материалов и веществ; описание места работы; сведения о несчастных случаях и профессиональных заболеваниях на производстве.



Рис. 1. Алгоритм формирования реестра опасностей

2. Первый этап идентификации – предварительный. Производится анализ документированной информации, определяется подробная последовательность рабочих операций в рассматриваемом технологическом процессе. Изучаются технологические карты, инструкции по эксплуатации оборудования, таблицы неисправностей.

3. Второй этап идентификации – основной. Он подразделяется на идентификацию опасностей на рабочих местах в штатном режиме и в нештатном и аварийном. В штатном режиме рассматриваются технологические операции и опасности от различных источников. В нештатном и аварийном перечисляются возможные нештатные ситуации, причины их возникновения и опасности, источники которых связаны с причинами нештатных ситуаций и переходом нештатного режима в аварийный режим.

4. Третий этап идентификации – результирующий. Реестр идентифицированных опасностей. Состоит в анализе результатов, целью которого является установление потенциальных комбинаций опасностей и определение вероятности возникновения и развития опасности в процессе выполнения работ.

Опираясь на алгоритм действий по формированию конечного продукта идентификации опасностей – реестр опасностей, разработаны формы для рационального представления проделанных исследований. Пример документированного оформления исследований по идентификации опасностей для различных режимов работы представлен ниже.

Таблица 1

Идентификация опасностей на рабочих местах. Штатный режим работы

Технологические процессы	Технологические операции	Опасности, источники которых связаны с:		
		производственной средой	особенностями производственных процессов (операций), включая используемое оборудование, материалы, сырье, инструменты, приспособления и прочее	с трудовым процессом, видами работ, рабочими операциями, включая влияющие человеческого фактора
Механизованное нанесение накрывочного слоя с затиркой поверхности штукатурно-затирочным инструментом	Нанесение накрывочного слоя штукатурной смеси	1. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания. 2. Повышенный уровень шума	1. Опасность падения с высоты. 2. Опасные уровни напряжения в электрической цепи.	1. Длительное напряжение отдельных групп мышц рук. 2. Опасность падения на относительно ровном месте из-за того, что движущийся человек поскользнулся на остатках разбрызганного по полу раствора

Таблица 2

Идентификация опасностей на рабочих местах нештатного и аварийного режимов работы

Нештатная производственная ситуация	Причина возникновения нештатных ситуаций	Опасности, источники которых связаны с причинами возникновения нештатных производственных ситуаций	Опасности, источники которых связаны с переходом нештатного режима в аварийный режим выполнения (прекращения) работ
1	2	3	4
Неадекватный перепад давления в дистанционном управлении установки	1. Забит воздуховод или трубка воздушного сопла. 2. Перегиб шланга, образование петель и (или) пробки в системе растворопровода.	1. Очень высокое рабочее давление	1. Опасность неконтролируемого соскакивания деталей машины. 2. Опасность травмирования струей жидкости, выброшенной

Окончание табл. 2

1	2	3	4
	3. Неисправность растворопровода 2		под давлением массой раствора или оборванным шлангом 4
Поражение электрическим током	1. Поврежден кабель электропитания. 2. Для подключения машины не использовалось разрешенное устройство защитного отключения (30 мА) типа А. 3. Неисправности заземления	1. Появление на корпусе штукатурной машины или в других местах электрического тока	1. Опасность поражения электрическим током

Таблица 3

Реестр идентифицированных опасностей

Опасный фактор	Опасное событие	Возможные воздействия и последствия опасных событий
1	2	3
Опасности, источники которых связаны с производственной средой		
Чрезмерное душной среды в зоне дыхания и в рабочей зоне	1. Образование в воздухе токсичных и раздражающих химических веществ, фиброгенных аэрозолей: при использовании сухих строительных смесей и материалов; при наполнении машины штукатурной смесью; при подготовке поверхности, при демонтаже маяков. 2. Повышенная загрязненность кожных покровов, СИЗ	1. Повреждение легких (фиброз легочных тканей). 2. Раздражающее воздействие на кожу и органы дыхания
Повышенный уровень шума	1. Гарантированный уровень звуковой мощности установки 95 дБ (А)	1. Снижение слуховой чувствительности
Опасности, источники которых связаны с особенностями производственных процессов (операций), включая используемое оборудование, материалы, сырье, инструменты, приспособления и прочее		
Падение с высоты	1. Расположение рабочего места вблизи перепада по высоте 1,8 м и более на расстоянии ближе 2 м от границы перепада по высоте в условиях отсутствия защитных ограждений	1. Получение травмы. 2. Летальный исход
Опасные уровни напряжения в электрической цепи	1. Напряжение, трехфазный ток 50 Гц - 400 В. Максимальное потребление тока – 32 А	1. Поражение электрическим током

Окончание табл. 3

1	2	3
Неадекватный перепад давления в дистанционном управлении установки. Повышенное давление в растворонасосе	1. Повышенное давление в растворонасосе (максимальное рабочее давление штукатурной машины 30 бар)	1. Получение травмы, ожог
Опасности, источники которых связаны с трудовым процессом, видами работ, рабочими операциями, включая влияние человеческого фактора		
Неудобная рабочая поза, связанная с поднятыми выше уровня плеч руками	1. Работа при участии мышц рук и плечевого пояса (региональная нагрузка более 10000 раз за смену)	1. Нагрузка на опорно-двигательный аппарат. Заболевания суставов
Опасность падения на относительно ровном месте из-за того, что движущийся человек поскользнулся	1. Остатки разбрызганного по полу раствора	1. Получение травмы. Летальный исход

Данная форма представления проделанных исследований позволяет эффективно выявлять вредные и опасные факторы и определять источники их возникновения.

Литература

1. Оценка рисков на рабочем месте – практическое пособие. Серия Охрана труда. Международный опыт. Выпуск 1. Тампере, Финляндия.
2. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. СПб: Издательство «Лань». 2007 – 672 с.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ТК РФ).
4. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
5. Постановлением Правительства РФ от 01.09.2012 N 875. «Положение о федеральном государственном надзоре за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права».
6. Оценка профессиональных рисков URL: <http://technoconsgroup.ru/ot/225-ocenka-professionalnyh-riskov.html> (дата обращения: 06.02.2019).
7. ГОСТ 12.0.230.4-2018 ССБТ. СУОТ. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ.

УДК 614.839

Татьяна Васильевна Коноплева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
Ксения Андреевна Узназакова, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: tanyakt1706@gmail.com;
uznazakova1997@yandex.ru

Tatyana Vasilevna Konopleva, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
Ksenia Andreevna Uznazakova, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: tanyakt1706@gmail.com;
uznazakova1997@yandex.ru

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЗРЫВОВ ГАЗА В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ

SOME ASPECTS OF GAS EXPLOSIONS IN APARTMENT BUILDINGS

В статье поднята актуальная тема газопотребления в жилых домах. За последнее время произошло немало несчастных случаев, связанных с ошибками в эксплуатации оборудования, а также человеческим фактором.

Рассмотрен нововведенный свод правил СП 402.1325800.2018, в котором определены новые требования к системе газопотребления в жилых зданиях. В связи с этим возникает множество вопросов в правильности его применения на практике.

Если проводить расчеты помещений и зданий, имеющих газифицированное оборудование, то выясняется, что все они относятся к категории повышенной взрывопожароопасности. Из этого следует, что такие сооружения необходимо оснащать легкобросаемыми конструкциями соответствующих объемов, которые позволят снизить последствия возможного взрыва. Также, при эксплуатации и установке газифицированного оборудования необходимо соблюдать мероприятия по снижению последствий взрыва, указанные в ГОСТ Р 12.3.047-2012.

Ключевые слова: газоснабжение, жилые дома, свод правил, легкобросаемые конструкции, взрыв газа, категория помещения.

The article raises the current topic of gas consumption in homes. Recently, there have been many accidents associated with errors in the operation of the equipment, as well as the human factor.

The new set of rules SP 402.1325800.2018, which defines new requirements for the system of gas consumption in residential buildings. In this regard, there are many questions in the correctness of its application in practice.

If to carry out calculations of the rooms and buildings having the gasified equipment it becomes clear that all of them belong to the category of the increased fire and explosion hazard. From this it follows that such facilities must be equipped with light-throwable structures appropriate volume, which will reduce the consequences of a possible explosion. Also, when operating and installing gasified equipment, it is necessary to observe measures to reduce the consequences of the explosion specified in GOST R 12.3.047-2012.

Keywords: gas supply, houses, a set of rules, easily thrown constructions, gas explosion, room category.

Не везде, во-первых, можно будет
перейти на электричество, причем
это будет стоить очень приличных денег.
Глава Минстроя Владимир Якушев

В середине января средства массовой информации объявили, что Министерство строительства приняло решение, после последовавших двух взрывов газа в Магнитогорске и Шахтах, о введении новых требований к системе газопотребления в жилых зданиях. Вроде все хорошо, только сам приказ о принятии нового свода правил СП 402.1325800.2018 вышел 5 декабря 2018 года за 25 суток до взрыва в Магнитогорске.

Что принес нам новый свод правил? Рассмотрим это с точки зрения ISO 45001. Очевидно, чтобы быть уверенными в качестве предоставляемых услуг, для потребителя имеет большое значение выполнение стандартов ISO поставщиком тех или иных услуг и продукции.

Выпуская продукцию или услугу на рынок, компания неизменно сталкивается с подтверждением соответствия такой продукции или услуги общепринятым стандартам, законодательным, договорным или иным требованиям. С другой стороны, сертификат соответствия – это самый простой способ доказательства выполнения контрактных и иных технических требований, предъявляемых покупателем (заказчиком) к продукции. Сертификация – это, прежде всего, маркер стабильности, безопасности и качества выпускаемой продукции для руководства компании и потребителей.

Как относиться к жилым зданиям, в которых расположены помещения кухни, ванной комнаты, в которых применяется газ. Остановимся на размещаемых в них газовых плитах и проточных водонагревателях. Общепринятая практика состоит в том, что эксплуатационные службы предприятий газоснабжения обслуживают и сети, и сами приборы. В этой связи возникает справедливый вопрос — как разделены зоны ответственности и на ком лежит ответственность в соответствии с ISO 45001. Как появилось слово «ответственность», так сразу пропадает желание быть «ответственным лицом».

Кто хочет отвечать за убытки в результате действия или бездействия? Проще всего указать на непосредственного потребителя, так как существует оговорка «в квартиру не попасть». Помимо всего прочего если трубопровод имеет запор на входе в здание, то это уже общедомовое имущество. Значит, ответственность должна лежать на органах самоуправления МКД или УК. Но, как показывает практика, в случае ЧС все расходы по аварийно-спасательным и другим неотложным работам, восстановление, лечение пострадавших, выплаты, похороны, это есть и ответственность, несут налогоплательщики, а не виновники.

Подход в ISO 45001 к системе менеджмента ОЗиОБТ основан на концепции «Планируйте – Делайте – Проверяйте – Действуйте» (Plan, Do, Check and Act – PDCA) [1]. Высшее руководство (top management) – лицо или групп-

па людей, которые руководят и управляют организацией на высшем уровне, отвечает за безопасность [1]. Естественно, что отвечать и нести риски должен тот, кто создал Опасность (hazard) - источник, который потенциально может быть причиной травмы и ухудшения состояния здоровья инвалидов при возникновении пожара, взрыва или другой чрезвычайной ситуации [1].

В вышеуказанном своде правил предусмотрено, что помещение с газовой плитой должно иметь легкосбрасываемую конструкцию (ЛСК) площадью, равной 3% от объема помещения [4]. В приведенных источниках разрешается установка газовых плит с двумя, тремя и четырьмя конфорками в помещениях, соответственно, 8 м³, 12 м³ и 15 м³. Возьмем минимальный объем и с учетом минимально разрешенной высоты помещения получим площадь кухни 4 м², 6 м² и 7,5 м².

Проведем расчет энергии взрыва метана при минимальной и оптимальной взрывной концентрации. Для расчета выбраны помещения объемами 8 м³ и 15 м³.

Для оценки силы воздействия взрывной ударной волны рассчитали избыточное давление ΔP взрыва с наименьшим и наибольшим объемами помещений. Получили, что при объеме помещения 8 м³ и 15 м³ и соответствующих взрывных концентрациях избыточное давление равно 8,7 кПа и 14,6 кПа соответственно. Согласно таблице 1, п.5.1 СП 12.13130.2009 данные помещения относятся к взрывопожароопасным помещениям категории «А», так как превышают давление 5 кПа [3].

Зададимся условием не превышать суммарной площади 200 м², так как по разделу 6 СП 12.13130, в этом случае, все здание будет отнесено к категории «А» [3]. Помещение кухни, ванных комнат, при использовании газа, должны квалифицироваться как помещения повышенной взрывопожарной опасности «А». В результате получаем, что без применения проточных водонагревателей, мы можем и иметь в здании не более 50, 33 и 26 квартир, соответственно. Поэтому, совершенно не обосновано в СП 402.1325800.2018 принятие размеров ЛСК, они должны соответствовать требованиям к помещениям категории «А», а значит, их надо принимать равными 5 % в м² от объема помещения в м³ [4].

Как показывает расчет, следует ожидать, что радиус поражения обломками зданий и сооружений, особенно осколками стекол (разрушающихся при избыточном давлении 2-7 кПа), может значительно превышать радиус непосредственного прямого поражения ударной волной.

В заключение хочется сделать несколько выводов:

1. Расчеты показывают правильность принятых решений в СП 402.1325800.2018 в установке датчиков утечки газа и отсеченных клапанов, и отнесению жилых газифицированные квартирные дома к категории повышенной взрывопожароопасности;

2. Соответственно, вышеуказанные квартирные дома необходимо оснащать легкосбрасываемыми конструкциями площадью равной 5% от объема помещения;

3. В соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-2012 п. 4.13 при эксплуатации и установке газифицированного оборудования необходимо соблюдать мероприятия по снижению последствий взрыва, а в частности устанавливать в технологическом оборудовании быстродействующие отключающие устройства [2].

Литература

1. ISO 45001 «Системы менеджмента охраны здоровья и охраны труда»;
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012 (от 01 января 2014 г.) «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»;
3. СП 12.13130.2009 (ред. 09 декабря 2010 г.) «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
4. СП 402.1325800.2018 (от 05 декабря 2018 г.) «Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления».

УДК 331.453

Денис Вахтангович Ларин, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: larindenis.v@ya.ru

Denis Vakhtangovich Larin, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: larindenis.v@ya.ru

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

ASSESSMENT AND RISK MANAGEMENT AS A PART OF THE LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEM AT THE ENTERPRISE

Одним из основных элементов экономики являются рудовые ресурсы, с проблемой сохранения которых сталкивается каждый работодатель. Основной проблемой является охрана здоровья работников компании. Количество несчастных случаев и профессиональных заболеваний в России в последние годы падает, но всё равно остаётся на достаточно высоком уровне, в связи с чем в то же время работодатели несут убытки. В соответствии с действующими требованиями трудового законодательства, одним из обязательных инструментов для работодателя является Положение о системе управления охраной труда на предприятии, неотъемлемой частью которого служит расчет рисков повреждения здоровья работников в процессе трудовой деятельности и принятие мер по уменьшению данных показателей. В то же время проблемой оценки профессиональных рисков является отсутствие единой методики расчета и оценки рисков.

Ключевые слова: безопасность, опасность, оценка, риски, управление, система, СОУТ, СИЗ.

One of the main elements of the economy is ore resources, the problem of which each employer faces. The main problem is to protect the health of employees. The number of accidents and occupational diseases in Russia has been falling in recent years, but it still remains at

a sufficiently high level, in connection with which, at the same time, employers suffer losses. In accordance with the current requirements of labor legislation, one of the mandatory tools for an employer is the Regulation on the OSH management system in an enterprise, an integral part of which is calculating the risks of damage to the health of workers in the workplace and taking measures to reduce these indicators. At the same time, the problem of professional risk assessment is the lack of a unified methodology for calculating and assessing risks.

Keywords: safety, hazard, assessment, risks, management, system, SOUT, PPE.

Сохранение жизни и здоровья работников, обеспечение безопасности труда является обязанностью работодателя независимо от организационно-правовой формы организации.

В то же время стоит отметить падение числа пострадавших в несчастных случаях в сравнении с прошлыми показателями. Так, например, если в 2016 году было зарегистрировано 26,7 тысяч несчастных случаев, из которых 1,29 тысяч со смертельным исходом, то в 2017 году отмечается снижение на 4,9 %, а именно общее количество – 25,4 тысяч, из них 1,14 тысяч со смертельным исходом. Подобная положительная динамика наблюдается на протяжении долгого времени, но назвать данные цифры успехом пока не представляется возможным. Для получения полной картины в таблице 1 приведены данные Росстата за последние 7 лет [1].

Таблица 1

Обобщенные данные статистики производственного травматизма в Российской Федерации

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве, тысяч человек	43,6	40,4	35,6	31,3	28,2	26,7	25,4
Из них со смертельным исходом	1,82	2,82	1,7	1,46	1,29	1,29	1,14

Для сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности работодатель обеспечивает функционирование элементов системы охраны труда, которые включают в себя мероприятия, направленные на снижение уровня вредных и опасных производственных факторов, воздействующих на работника, с целью обеспечения благоприятных условий труда и предотвращения получения работником травм и профессиональных заболеваний. Положение об организации работы (отдела) по охране труда, политика в области охраны труда, а также система управления охраной труда в организации (далее – СУОТ) являются примерами правовых и организационно-технических мероприятий.

В соответствии с ГОСТ [3] СУОТ представляет из себя иерархически построенную, связанную и взаимодействующую систему элементов, которая позволяет обеспечить практические действия и процедуры для достижения целей охраны труда. Приказом Министерства труда и опциальной защиты

Российской Федерации от 19 августа 2016 года № 438н [4] было утверждено Типовое положение о системе управления охраной труда, неотъемлемым элементом которого является процедура оценки профессиональных рисков.

Методики управления рисками часто позволяют оценивать, выявлять и прогнозировать опасные технико-производственные риски и факторы и принимать меры по их сокращению и контролю. Это позволяет повысить безопасность труда, помогает сохранять здоровье людей и значительно сокращает экономические издержки организаций [5].

На основании оценки риска определяются меры по контролю безопасности и уменьшения численного значения риска до допустимого предела для обеспечения обоснованных решений в отношении рассчитываемой величины. Анализ риска включает в себя систематическое применение информации для выявления и предотвращения неблагоприятных инцидентов, связанных как с отдельными лицами, так и с группой лиц, имущества и т. д. Основной целью является выявление опасностей, полная оценка возможного развития событий, приводящих к инциденту, а именно источника гипотетического ущерба. В то же время, как под идентификацией понимается признаение наличия опасности и её характеристика.

На сегодняшний день оценка риска является единственным аналитическим инструментом, позволяющим определить факторы риска для здоровья человека и их соотношение, направлена на снижение численного показателя до допустимых значений.

Стоит отметить, что на сегодняшний день нет единого подхода (методики) расчета, однако, прослеживаются общие составляющие данного процесса:

1. Идентификация опасностей, определение вероятности возникновения;
2. Оценка серьезности последствия воздействий, обозначение показателей ущерба;
3. Расчет риска.

Основными источниками информации для идентификации потенциальных опасностей служат:

1. Нормативные правовые и технические акты, справочная литература, локальные нормативные акты;
2. Результаты государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
3. Результаты производственного контроля за соблюдением санитарных правил;
4. Результаты специальной оценки условий труда;
5. Показатели наблюдения за технологическим процессом, рабочим местом сотрудников;
6. Аудиторские заключения;
7. Опыт практической деятельности.

По закону оценку рисков организует работодатель. К ней привлекаются различные подразделения организации в соответствии со своими заданиями. Хорошая оценка рисков основана на принципе Р-С-Р, иными словами, в ней участвуют работодатель, специалисты и работники. Однако, если оценка проводится сторонними специалистами, то она должна проходить совместно с работниками. Привлечение собственного персонала должно активно сопровождаться его информированием о ходе выполнения, и участие работников является совершенно необходимым элементом успешно функционирующей системы управления охраной труда (СУОТ) в любой организации.

Исходя из вышеизложенного работодателя обязаны обеспечить безопасность рабочих мест, механизмов, оборудования и процессов. То есть должна иметь место эффективная оценка рисков и выстроено эффективное управление рисками (физическими, химическими или биологическими). Однако, в то же время на сегодняшний день существует множество методик риск-анализа, но единый подход пока так и не найден.

Литература

1. Федеральный закон № 197-ФЗ от 30 декабря 2001 года «Трудовой кодекс Российской Федерации», статья 22. URL: <http://pravo.gov.ru>;
2. Условия труда. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>;
3. ГОСТ Р 12.0.007-2009 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию»;
4. Приказ Министерства труда и опциальной защиты Российской Федерации от 19 августа 2016 года № 438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда». URL: <http://pravo.gov.ru>;
5. Смирнова Е.Э., Ларин Д.В. Совершенствование мероприятий, направленных на обеспечение безопасности при проведении строительно-монтажных работ на высоте // Архитектура-строительство-транспорт. Материалы 73-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета 4–6 октября 2017 г. Ч. 1–3. СПб. ГАСУ, 2018. Ч. 2 (Транспортные и инженерно-экологические системы). С. 172–174.

УДК 676.08

Мария Сергеевна Максимович, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: maria.maximovich@mail.ru

Mariia Sergeevna Maximovich, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: maria.maximovich@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТКО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ

MODERN METHODS OF SOLID MUNICIPAL WASTE PROCESSING FOR INCREASE THE ECOLOGICAL SAFETY OF THE REGIONS

В данной статье были проанализированы основные современные методы принципы переработки твердых коммунальных отходов в мире. Во всем мире имеет место такая

практика переработки: 1) сортировка и захоронение на полигонах; 2) естественный метод разложения ТКО (компостирование); 3) термическая переработка (биотермическое компостирование, сжигание, пиролиз, газификация). Каждый метод имеет ряд преимуществ и недостатков, поэтому переработка ТКО в разных странах, городах, районах и населенных пунктах решается индивидуально в зависимости от исходных данных и особенностей созданных условий и, возможностей и еще многих факторов. Таким образом, используются разные методы и технологии или их совокупности в зависимости от целей и задач, поставленных перед переработкой ТКО.

Ключевые слова: переработка, пиролиз, компостирование, сжигание, захоронение отходов, сортировка, твердые коммунальные отходы.

This article analyzed the modern methods of solid municipal waste processing for increase the ecological safety of the regions. In world practice, the following approximate classification of processing methods has emerged: 1) landfilling and sorting; 2) the natural method of decomposition of solid municipal waste (composting); 3) thermal processing (biothermal composting, incineration, pyrolysis, gasification). Each method has a number of advantages and disadvantages; therefore, processing of solid municipal waste in different countries, cities, districts and localities is decided individually, depending on the initial data and local conditions and characteristics, financial possibilities and other factors. Thus, elements of different methods and technologies or their combination are used depending on the goals and objectives set for the processing of solid municipal waste.

Keywords: recycling, pyrolysis, composting, incineration, landfilling, sorting, municipal solid waste.

Как известно из источников, техносферная безопасность – это область науки и техники, одним из направлений которой является создание различных способов и средств, обеспечивающих благоприятные условия для жизнедеятельности человека в техносфере. Данное понятие включает в себя экологическую, производственную и бытовую безопасность.

Одним из главных угрожающих факторов для экологической безопасности стало загрязнение окружающей природной среды всего мира отходами потребления и различных производств.

Твердые коммунальные отходы (ТКО) – продукты переработки, которые образуются в коммунальных помещениях при потреблении физическими лицами, и различные товары, которые утратили заложенные свойства потребления при их использования людьми в жилых помещениях для того чтобы бытовые и личные нужды удовлетворить. К твердым коммунальным отходам относятся также и продукты потребления, которые образуются при деятельности, индивидуальных предпринимателей различных фирм и они похожи по составу на отходы, которые образуются в домохозяйствах при использовании лицами физическими [1].

Увеличение образования ТКО – одна из самых важных и актуальных проблем современного мира. Количество свалок на планете растет с каждым годом, обширное захламление планеты однажды может привести человечество к экологической катастрофе. Одним из самых эффективных способов решения проблемы накопления отходов в современном мире стала перера-

ботка, цель которой заключается в превращении отходов во вторичное сырье или энергию.

В современных научных источниках все методы разделяются на три типа: захоронение отходов на полигонах, естественный метод разложения ТКО и термическая переработка. К захоронению отходов относится также процесс предварительной сортировки с последующей санитарной земляной засыпкой.

При сортировке коммунальные отходы разделяются на разные фракции на специальных мусороперерабатывающих заводах чаще всего с помощью ручной переработки. Процесс разделен на два этапа. На первом этапе путем измельчения и просеивания происходит уменьшение размера мусорных компонентов. Во время второго этапа извлекается металлический компонент как наиболее ценный вид вторичного сырья. На современных комплексах мусоропереработки из ТКО выделяют различные полезные вещества: пластмассу, бумагу, стекло и другие материалы для того, чтобы переработать их отдельно.

Захоронение производится для получения биогаза, чтобы в дальнейшем использовать его в качестве топлива. ТКО на специальных полигонах по специальной технологии засыпают слоем грунта толщиной от 0,6 до 0,8 метра и уплотняют. Полигоны для биогаза оборудованы вентиляционным оборудованием, различными емкостями по сбору биогаза и газодувками. Поскольку на свалках мусор лежит неплотно и является пористым и происходит активное развитие микробиологических процессов из-за органики. Свалка по составу имеет аэробную, переходную и анаэробную зоны, которые имеют разные микробиологические процессы. Верхний слой, называется аэробным. Минерализация ТКО до двуокиси углерода, воды, нитратов, сульфатов и ряда других простых соединений благодаря микробному окислению происходит в нем. Нитраты и нитриты восстанавливаются до газообразного азота и его оксидов в переходной зоне. В анаэробной зоне микробиологические процессы протекают при малом (ниже 2 %) содержании кислорода. Это идеальная среда для образования летучих органических веществ и газов, а постоянная температура 30 – 40 °С становится оптимальной для развития метанообразующих бактерий. Современные полигоны для утилизации оснащены системами, позволяющими защитить подземные воды и атмосферный воздух, Естественный и распространенный метод разложения ТКО – компостирование, который основан на естественном биоразложении отходов. Также компостирование применяется широко при переработке органических отходов. Сегодня возможно компостирование как пищевых отходов, так и неразделенного потока ТКО. Существует несколько технологий компостирования, которые отличаются между собой размерами компостных куч, частотой переворачивания и другими параметрами.

Термическая переработка мусора основана на процессах теплового воздействия на отходы, к термическим типам переработки ТКО можно отнести биотермическое компостирование, сжигание и пиролиз при различных температурах.

В отличие от компостирования биотермическое основано на ускоренных реакциях биоразложения мусора при подаче горячего воздуха при температуре около 60 °С. Основным условием для использования этой технологии является отделение исходных ТКО от крупногабаритных предметов, а также предметов, пригодных для вторичной переработки. Если поток отходов неразделен, то в компосте остаются соли тяжелых металлов и его нельзя использовать для нужд сельского хозяйства.

Самый распространенный термический метод переработки отходов, известный с XIX века – сжигание, при котором в атмосферу попадают вредные вещества, а следовательно, уничтожаются органические соединения. Сейчас многие страны отказываются от этого метода. В России сжигают 2 % ТКО. Сжигание подразделяют на непосредственно сжигание и пиролиз.

Технология пиролиза основана на химическом изменении ТКО при воздействии температуры без доступа кислорода. Пиролиз делится на: сортировку, сушку пиролиз, газификацию. После газификации образуется неорганический остаток, как правило, не превышающий 10 % от исходной массы отходов, подлежащий захоронению на специальном полигоне. Установки или заводы по переработке ТКО способом пиролиза существуют в Дании, США, ФРГ, Японии и других странах.

Пиролиз подразделяется на низкотемпературный (450 – 500 °С), среднетемпературный (до 800 °С) и высокотемпературный (свыше 800 °С).

В целом, процесс низкотемпературного пиролиза ТКО характеризуется выделением наименьшего количества газа, максимальным количеством выделения различных масел, смол и твердых остатков.

Среднетемпературный пиролиз происходит при температуре до 800 °С. При этом сопровождается повышением образования газа и снижением объема масел и остатка.

Высокотемпературный пиролиз состоит из четырех этапов: сортировка; переработка; очистка синтез-газа (для улучшения его экологических свойств); охлаждение; сжигание очищенного синтез-газа в котлах-утилизаторах для получения пара, горячей воды или электроэнергии.

Метод переработки ТКО с помощью пиролиза является одним из самых экологичных и перспективных на сегодня, так как имеет ряд значительных преимуществ. При пиролизе не происходит выплавка тяжелых металлов.

Таким образом, основная задача, методов переработки ТКО – это наиболее полная утилизация отходов. Подбирая технологию для проектов переработки необходимо иметь в виду следующие критерии: обеспечение

минимального количества выбросов и максимум ценных конечных продуктов. Наиболее полно эти задачи могут быть достигнуты при использовании сочетания метода сортировки отходов при помощи современных технологий с методом пиролиза или биотермического компостирования.

Литература

1. Артамонов В. и др. Технические и коммунальные отходы и окружающая среда // Гражданская защита. – 2007. – № 2. – С. 30 – 31;
2. Березюк М. В. Новая система управления ТКО: инновационный подход / М.В. Березюк, А.В. Румянцева // Инновационное развитие экономики: научно-практический и теоретический журнал. – 2016. – № 5(35). – С. 19–29;
3. Васильев С. Управление отходами: из опыта ближнего зарубежья /С. Васильев // Рециклинг отходов. – М., 2009. – № 3. С. 22 – 25;
4. Шафоростов В.Я. Энергия из отходов // Экология и жизнь. – 2008. – №4. – С. 23 – 25.

УДК 502.335

Лидия Леонидовна Петрунина, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: *petruninalidia007@gmail.com*

Lidiya Leonidovna Petrunina, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: *petruninalidia007@gmail.com*

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

THE ECONOMIC EFFICIENCY OF ENVIRONMENTAL METHODS TO REDUCE THE NEGATIVE IMPACT OF TECHNOLOGICAL PRODUCTION ON THE ENVIRONMENT

Происходит глобальное внедрение технологических процессов, поэтому важнейший вопрос современного мира – влияние промышленности на экологию. В данной статье рассматривается проблема взаимодействия развития экономики и статус экологии в контексте влияния промышленности на картину внешнего мира. Экологический компонент в развитии промышленного комплекса имеет весомое значение и регулируется законами, нормативными правовыми актами и стандартами Российской Федерации. Промышленность, благодаря правильному природопользованию, не только сохраняет состояние окружающей среды, но и делает возможным увеличение внутренних экономических показателей путем повышения показателей экономической эффективности.

Ключевые слова: природопользование, экономическая эффективность, негативные воздействия технологических производств.

In this article the problem of interaction of development of economy and the status of ecology in the context of influence of the industry on a picture of the outside world is consid-

ered. The ecological component in development of an industrial complex has powerful value and is regulated by laws, regulations and standards of the Russian Federation. The industry, thanks to the correct environmental management, not only keeps state of environment, but also does possible increase in internal economic indicators by increase in indexes of cost efficiency.

Keywords: environmental management, economic efficiency, negative impacts of technological production.

Влияние промышленности на экологию является одним из важных вопросов современного мира. Благодаря устойчивому экономическому развитию происходит глобальное внедрение технологических производств. Потребляя, человечество не осознает важности рационального природопользования, как важного аспекта состояния экологии, которое с каждым годом заметно ухудшается, а программы по сохранению окружающей среды не способны в полной мере удовлетворить существующие проблемы.

В следствие участия человека появляется большое разнообразие вредных отходов. Твердые загрязнения – это остатки технологических производств, сырья, материалов, бытового мусор. Примерами жидких отходов являются стекающие канализационные воды. Среди наименее пагубных газообразных выбросов выделяют водяные пары, которые образуются при выхолаживании двигающихся технологических жидкостей электростанций. Тепловые загрязнения – это выделение энергии во внешнюю среду. Как известно, деятельность человека провоцирует увеличение температуры в мировом масштабе – за XX в. на 1-2 градуса по Цельсию. А в 1986 году после техногенной катастрофы в городе Чернобыль надзор за радиационной обстановкой стал гораздо серьезнее, чем за иными формами экологических засоренностей.

Противоборство экономики и экологии – центральная проблема охраны целостности природы. На сегодняшний день спроектированы определенные экономические модели, опирающиеся на материальный интерес исполнителя в решении экологических задач. Улучшение состояния окружающей среды и выбор вариантов возможны при существовании конкретного представления об экономической эффективности себестоимости мероприятий по защите окружающей среды и о размерах предотвращаемого ущерба.

Сокращение негативных воздействий технологических производств на окружающую среду – главное назначение производства. Многие предприятия планомерно внедряют современные способы ограничения выбросов вредных содержаний, используя новаторские приемы. Выбор методов ослабления вредных выбросов для организаций определяется согласно отраслевой особенности их деятельности. Способы снижения зависят от таких элементов как: своеобразие и вид технологического процесса; уровень концентрации опасных веществ в выбросах; технические свойства применяемого средства; материальный статус субъекта хозяйствования.

Порядок экономического регулирования природопользования в России освещен в ФЗ №7 «Об охране окружающей среды», в четвертой главе которого обозначено экономическое регулирование в рамках охраны природного мира. Для предприятий разнопланового рода труда и специфики отрасли выпущен международный стандарт ISO 14001-2016 «Системы экологического менеджмента – спецификация и руководство по использованию», являющийся ключевым в системе стандартов ISO 14000 «Системы экологического менеджмента». Стандарт ISO 14001 не вводит однозначных указаний экологической эффективности предприятия. Основное требование – руководство промышленных комплексов обязано взять на себя ответственность и согласно своим возможностям непрерывно усиливать экологическую эффективность работы. Для этого на примере конкретного производства необходимо отметить важные отрицательные стороны его деятельности, влияющие на окружающую среду, создана и структурирована схема управления безопасностью таких сторон.

Экономическая эффективность природопользования представляет собой эколого-экономическую отдачу потребления природных запасов. В процессе воздействия человека на окружающую среду возможно развитие одного конкретного результата: положительным исходом является эколого-экономический эффект, а отрицательным – эколого-экономический ущерб.

Для достижения экономической эффективности необходима комплексная система правовых, организационных и природоохранных мер для управления состоянием окружающей среды, с помощью которой станет возможным:

1. При своевременном выявлении негативных обстоятельств уменьшения природных ресурсов выявлять возможные территории природного разрушения и проводить профилактические мероприятия.
2. Создавать альтернативные пути эколого-экономического прогрессирования и обосновать их эффективность.
3. Реальные затраты на природные ресурсы должны стать эффективными двигателями в рыночной системе. Спад производственных показателей, вызванный расточительным природопользованием на предприятии, напрямую будет отражаться в финансовых результатах.

Переход функционирования технологических производств на новые экологические стандарты делает возможным сохранять и поддерживать обстановку окружающей среды. При достижении максимально возможного показателя экологически безопасного производства вырабатывается продукция безотходного производства, тем самым достигается эколого-экономический эффект. Предприятия, использующие такой способ обращения с природными ресурсами, будут стимулированы как ростом экономических показателей, так и уменьшением отходов собственного производства.

УДК 331.453

Диана Юрьевна Полховская, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: diana_polkhovskaya@mail.ru

Diana Yuryevna Polkhovskaya, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: diana_polkhovskaya@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE PROFESSIONAL RISK LEVEL

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа методических подходов к оценке уровня профессионального риска. Оценка профессионального риска позволит более эффективно решать вопросы обеспечения безопасных условий труда путем управления риском. На данный момент нет единой унифицированной методики оценки профессионального риска, т.к. разработка таких методик не была доведена до практического применения. Объектом исследования является методический подход к оценке уровня профессионального риска. Предмет исследования – профессиональный риск, который представляет собой вероятность причинения вреда работнику от воздействия на него вредных и опасных производственных факторов, в процессе выполнения им трудовой деятельности.

Ключевые слова: профессиональный риск, методика, оценка риска, условия труда, профессиональные заболевания, травмирование работника.

The purpose of this article is to conduct a comparative analysis of methodological approaches to the assessment of the level of professional risk. Occupational risk assessment will allow you to more effectively address the issues of ensuring safe working conditions by managing risk. In Russia today there is no unified methodology for assessing occupational risk, since the development of such techniques has not been brought to practical use. The object of the research is a methodical approach to the assessment of the level of professional risk. The subject of the research is occupational risk, which is the probability of causing harm to an employee from exposure to harmful and dangerous production factors, in the course of his work activity.

Keywords: occupational risk, methods, risk assessment, working conditions, occupational diseases, employee injury.

В качестве предметов сравнения выбраны две существующие и апробированные методики оценки уровня профессионального риска. Первая – Р 2.2.1766-03 «Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников». Данная методика базируется на устаревших подходах к оценке условий труда, разработана она была еще в 2004 году Министерством Здравоохранения. Вторая методика разработана сотрудниками ЗАО «Клинический институт охраны и условий труда» на основании Государственных контрактов от 06.10.2009 года, заключенных между ФСС РФ и НИИ МТ РАМН. Методика отличается высоким уровнем интеграции с существующим законодательством.

В 2014 году при переходе от аттестации рабочих мест к специальной оценке условий труда был исключен ряд важных параметров [1]. Например, ранее при аттестации рабочих мест по условиям труда производились измерения параметров микроклимата на всех рабочих местах, в том числе и у работников, чья профессиональная деятельность связана с выполнением трудовых функций непосредственно на улице. На данный момент, согласно приказу 33н измерение параметров микроклимата производится только на рабочих местах, расположенных в закрытых производственных помещениях, имеющих технологическое оборудование, которое является источником холода или тепла [2]. Пример такого оборудования – холодильные установки или печи. За счет проведения процедуры оценки уровня профессионального риска появляется возможность компенсировать эти упущения. На протяжении последних 10 лет профессиональный риск если и оценивался, то в соответствии с руководством Р 2.2.1766-03. Данный документ не зарегистрирован Министерством юстиции РФ, таким образом, носит рекомендательный характер, однако других утвержденных на государственном уровне методик непосредственно расчета профессиональных рисков пока нет.

При проведении сравнительного анализа был выбран ряд ключевых параметров сравнения. Для наглядности результаты сравнения методических подходов к оценке уровня профессионального риска сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ методических подходов к оценке уровня профессионального риска

Параметры сравнения	Р 2.2.1766-03	Методика Клинского института охраны и условий труда
Учет риска профессиональных заболеваний работника	+	+
Вероятность травмирования работника	–	+
Высокий уровень интеграции с современным законодательством	–	+
Учет индивидуальных характеристик работника	–	+
Учет подклассов условий труда по каждому из вредных факторов условий труда	–	+
Возможность оценки усредненного уровня профессионального риска в организации	–	+

В результате сравнения можно сделать вывод, что методика Р2.2.1766-03 содержит определенные недочеты, которые не позволяют в полном объеме провести процедуру оценки уровня профессионального риска. Во-первых, руководство не учитывает показатель травмоопасности работника на рабочем месте, а предусматривает лишь риск профессиональных заболеваний [3]. В итоге можно сделать вывод, что на рабочих местах с классом условий труда I профессиональный риск равен нулю. Но стоит отметить, что профессиональный риск существует абсолютно при любой деятельности, данный факт подтверждает статистика фиксирования несчастных случаев и травматизма в офисах с классом условий труда I. Для большинства работников оценка уровня профессионального риска только при учете показателя профессиональных заболеваний приводит к некорректным результатам. Во-вторых, стоит учесть, что официальная статистика выявленных профессиональных заболеваний в России не отражает реальной ситуации, так как в большинстве случаев диагностируется и регистрируется лишь малая часть из массы получивших заболевание вследствие воздействия вредных и опасных производственных факторов.

Сотрудники ЗАО «Клинский институт охраны и условий труда» при разработке методики оценки риска учли и исправили многие упущения руководства Р 2.2.1766. Данная методика обладает высоким уровнем интеграции с современным законодательством, а простота расчета уровня риска и получаемый в результате одночисловой показатель значительно упрощает процесс принятия управленческих решений. Так же, расчет профессионального риска позволит своевременно планировать необходимые мероприятия по его снижению, а также предотвратить негативные последствия. Помимо всего прочего методика, разработанная ЗАО «Клинский институт охраны и условий труда», позволяет оценить усредненный уровень профессионального риска в организации [4].

Литература

1. «О специальной оценке условий труда»: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 января 2014 г. N 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда».
3. Р 2.2.1766-03. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.
4. Методика оценки уровня профессионального риска по разработке ЗАО «Клинский институт охраны и условий труда».

УДК 02.7.719:628.5

Кристина Михайловна Черняева, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kristina.che97@yandex.ru

Kristina Mikhailovna Chernyaeva, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kristina.che97@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПУТЕМ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

THE INCREASE IN REGIONAL ECOLOGICAL SECURITY BY REDUCTION OF THE NEGATIVE IMPACT OF THE EMISSIONS FROM METAL WORKING INDUSTRIES

Внимание требуется к экологической безопасности процессов металлообрабатывающих производств из-за быстрого развития металлообрабатывающей промышленности.

Загрязнением природной среды называют поступления в среду различные загрязнения.

Важнейшими загрязнениями являются отходы побочных продуктов и производства, которые являются основным источником загрязнения среды различными химическими соединениями.

Одним из вредителя окружающей природной среды в городах России является металлургия, в том числе город Санкт-Петербург. Техногенные выбросы от предприятий наносит наибольший вред окружающей среде, а также негативное воздействие оказывает складирование отходов производств и сброс отработанных вод.

В данной статье поднимается вопрос о негативном воздействии выбросов металлообрабатывающих производств.

Ключевые слова: окружающая среда, металлообработка, загрязнение, негативное воздействие.

Attention to the issue of environmental safety of Metalworking processes requires the rapid development of the Metalworking industry.

Pollution of the environment is called the receipt of various pollution.

The most important pollution is the waste of by-products and production, which are the main source of pollution of the environment by various chemical compounds.

Metallurgy is one of the main environmental pollutants in many Russian cities, including St. Petersburg. Technogenic emissions from enterprises cause the greatest damage to the environment, as well as the negative impact of the storage of industrial waste and discharge of wastewater.

This article raises the question of the negative impact of emissions from Metalworking industries.

Keywords: environment, metal working, pollution, negative impact.

До сих пор в настоящее время многочисленные индустриальные организации в производстве своими силами производят основную металлообработку с применением, задействованных в производственном цикле, мощностей, хотя рынок металлообработки стремительно развивается и увеличивается с каждым годом.

Существует две группы обработки металлов:

1. Обработка со снятием материала;
2. Обработка без снятия материала.

Прессование, штамповка, прокатка, все это относится к обработке без снятия материала. Обычно, это все начальные операции, которые предполагают дальнейшую обработку заготовок резаньем, с целью получения деталей с требуемыми размерами и формами. Для доведения металла до готовности, зачастую появляется потребность подвергнуть его обработки на нескольких типах станках.

Работа на станках сопровождается интенсивным шумом, что в свою очередь снижает условия труда негативно оказывает большое влияние на работоспособность персонала. Для обеспечения нормальных условий труда, необходимо внедрять шумозащитные материалы и конструкции, чтобы снизить уровень звукового давления. Так же, на рабочий персонал оказывается вибрационное воздействие. Для снижения данного воздействия следует разрабатывать виброизоляционные системы.

Все процессы обработки металла требуют, для того чтобы отделанные детали были свободны от органических и неорганических загрязнений, в связи с этим требуется очистка готовых деталей. Всего существует три вида очистителя:

1. Растворители;
2. Обезжиривающие пары;
3. Щелочные моющие ресурсы.

Все, без исключения, данные процедуры сопровождаются выделением в воздушное пространство здания и в атмосферу разных загрязняющих веществ [1].

Главные выделяющиеся загрязняющиеся элементы: солей металлов, аэрозоли щелочей, кислот, оксида азота, пары аммиака, хлористого и фтористого водорода, цианистый водород.

Достаточно большая часть вредных и опасных остатков с организации по обработке металла распространяется канализационными водами, которые возникают в следствии промывочных операций уже после очищения металла. Таким образом, происходит загрязнение воды и почвы.

Создание новых технологий, расширение объемов производств в металлообрабатывающей промышленности ведет за собой увеличение объемов переработки сырья, увеличение отходов, выбросов в атмосферу газообразных веществ и пыли.

Существует экономическая теория эффективности, которая предполагает собой, что предприятие, которое является загрязнителем, должно полностью компенсировать причиненный экономический ущерб, который нанесен в процессе их деятельности [3].

Металлообрабатывающие предприятия создают реальную экологическую угрозу окружающей природной среде.

Для защиты окружающей среды от негативного влияния металлообрабатывающих предприятий требуются большие затраты.

Если использовать такой технологический процесс, при котором выбросы загрязняющих веществ минимальный, то есть вероятность снизить уровень загрязнения окружающей среды с минимальными затратами денежных средств.

Литература

1. Варенков А.Н., Котиков В.И. Химическая экология и инженерная безопасность металлургических производств. Учебное пособие. – М., 2000. – 382 с.
2. Ветошкин А.Г. «Технология защиты окружающей среды»
3. Хатунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. М., 2002.
4. Шилов И.А. Экология. М., 2001.
5. Инженерная защита окружающей среды. Учебное пособие [Текст] / под ред. Воробьева О.Г. – СПб.: изд. Лань, 2002. – 288 с.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

УДК 004.896

Руслан Алексеевич Баринов, студент
Альберт Вагеевич Даниелян, студент
Александр Евгеньевич Епишкин,
канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: moynoviymir@mail.ru,
region123@mail.ru, epishkin@mail.ru

Ruslan Alekseyevich Barinov, student
Al'bert Vageevich Danielyan, student
Aleksandr Evgenievich Epishkin,
PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: moynoviymir@mail.ru,
region123@mail.ru, epishkin@mail.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЧАСТНОГО ДОМА

THE AUTOMATION SYSTEM OF A PRIVATE HOUSE

Описаны особенности создания системы автоматизации частного дома с учетом практических наработок авторов. Для объединения устройств внутридомовой автоматики в единую управляемую систему использована децентрализованная коммуникационная шина KNX. Выбор данного аппаратного решения обусловлен его достаточной перспективностью, основанной на большом количестве совместимого с ним оборудования и его доступности в России. Для создания пользовательского интерфейса управления умным домом на базе планшета и/или смартфона применена специализированная программная платформа российской разработки iRidium. Выбор данного программного решения обусловлен его достаточно широкими функциональными возможностями, простотой освоения и удобством работы с ним.

Ключевые слова: автоматизация зданий, коммуникационная шина KNX, iRidium, умный дом, логический модуль.

The features of creating a private house automation system are described taking into account the practical developments of the authors. To integrate in-house automation devices into a single managed system, a decentralized KNX bus is used. The choice of this hardware solution is due to its sufficient prospects, based on a large number of compatible equipment and its availability in Russia. To create a smart home user interface based on a tablet and / or smartphone, a specialized software platform iRidium developed in Russia was used. The choice of this software solution is due to its rather broad functionality, ease of development and ease of working with it.

Keywords: building automation, KNX communication bus, iRidium, smart house, logic module.

Системы автоматизации становятся все более доступными и технологичными, поэтому в последнее время они все чаще используются в частных домах. В европейских странах это зачастую делается для экономии электроэнергии, в России же – для обеспечения комфорта. Когда в доме имеется много групп освещения, управляемые жалюзи, климат контроль и т. д., возникает вопрос, как всем этим управлять. Если управление реализуется через обычные выключатели 220 В, то ввиду большого количества управляемых элементов блоки с выключателями становятся громоздкими и не подходят

под дизайн помещения, а безопасность таких электросетей уменьшается. К тому же монтаж большого количества кабелей становится неудобным. В большинстве систем автоматизации все элементы контроля и управления питаются и управляются через одну шину – витую пару. Уже давно компании, занимающиеся системами автоматизации, стали приходить к тому, что использование такого принципа целесообразно и удобно. Все элементы подключаются к одной шине и получают индивидуальный адрес, а связь между устройствами происходит по специальному протоколу. У большинства систем протоколы реализованы идентично. Их суть состоит в обращении устройств друг к другу или обращении главного центрального устройства к элементам, подключенным к шине (централизованные системы). В пакетах данных (телеграммах), пересылаемых по шине между устройствами, содержится адрес устройства; данные, необходимые для выполнения команды; данные по проверке целостности устройства и т. д. Такие телеграммы имеют небольшой размер, чаще 4 бита или 1 байт и поэтому нет необходимости в большой скорости их передачи. Например, подобный подход уже давно применяется в протоколах для управления освещением DALI и DMX. Такой же принцип используется и в протоколе KNX.

В данной статье на примере частного дома ставятся задачи показать, как реализуется система KNX и какие технологические возможности она дает. Система KNX – децентрализованная, а значит, все устройства могут принимать, обрабатывать и пересылать телеграммы, т. е. имеют свою программную часть и свою логику и не зависят от других устройств, подключенных к шине. Такой принцип построения системы более безопасен, чем централизованный, при котором имеется только одно управляющее устройство и в случае выхода его из строя нарушается работоспособность всей системы в доме [1].

На объекте реализовано управление группами освещения, шторами, климатическим оборудованием и т. д. через мобильное устройство [2]. Применяются актуаторы фирмы *Theben*. Использована технология MIX расширения модуля до 16 каналов за счет возможностей логической части базового модуля. Например, имея реле на 8 каналов, можно расширить реле до 16 каналов добавлением управляемого модуля на 8 каналов без логической части. Это придает гибкость системе и уменьшает стоимость оборудования. Для управления освещением в доме используется управляемое реле на 16 каналов RM 16 S KNX. Для диммирования используется модуль на 8 каналов DM 8-2 T KNX. Для управления вентиляцией используется световой диммируемый регулятор 0-10 В SMG 2 T KNX и расширяющий его модуль SME 2 T KNX. Для управления жалюзи используется JM 4 T KNX. Также применяются клавишные панели фирмы *Jung*. Они имеют логический модуль и программируются отдельно. Из-за невозможности использования клавишных панелей на улице для клавиш на террасах используется модуль бинарных входов на 6 каналов BM 6 T KNX. Для управления всеми функциями с мобильного устройства используется *iRidium Mobile*. Это программное обеспечение позволяет создавать визуальные интерфейсы любой сложности на все мобильные платформы. Затем создается проект и загружается на мо-

бильное устройство, которое по Wi-Fi связывается с *iRidium Server*. *iRidium Server* – это модуль для управления системой KNX. На нем имеются порт RJ45 для подключения LAN кабеля и клеммы для соединения с шиной. Схема подключения показана на рис. 1. Для визуального оформления интерфейса используется *iRidium Studio*.

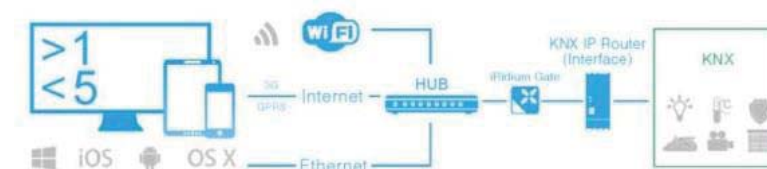


Рис. 1. Схема подключения системы автоматизации

Созданная на базе шины KNX система автоматизации надежна, безопасна и позволяет обеспечить дополнительные энергоэффективность и комфорт проживания в доме.

Литература

1. Дитрих Д., Кастнер В., Саутер Т., Низамутдинов О. «EIB – система автоматизации зданий» / под ред. Низамутдинова О. Б., Гордеева М. В., ПермГТУ, г. Пермь, 2001. – 378 с.
2. Тесля Е. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире. – СПб.: Питер, 2008. – 224 с.

УДК 697.978

Павел Александрович Денисевич, студент
Михаил Анатольевич Новиков, студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: b-boybull@yandex.ru,
novikmishka13@gmail.com

Pavel Alexandrovich Denisevich, student
Mikhail Anatolevich Novikov, student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: b-boybull@yandex.ru,
novikmishka13@gmail.com

КОНФЛИКТЫ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ

ENGINEERING SYSTEM CONFLICTS

Системы инженерных коммуникаций требуют не только частного рассмотрения, но и комплексного подхода. Это следует из тесной взаимосвязи различных систем. Подобные взаимосвязи можно проиллюстрировать на примере зон пожарной безопасности для малоэтажных групп населения. В этом инженерном решении можно наблюдать взаимосвязь теплоснабжения, электроснабжения и вентиляции. В статье рассматриваются схемы вентиляционного снабжения с элементами контроля наличия человека в данной зоне, выбор и обоснование типа калорифера, системы резервирования энергосистемы, выбор кабе-

ля для линий аварийного электроснабжения. Данная статья подробно иллюстрирует вопросы комплексного подхода к проектированию.

Ключевые слова: маломобильные группы населения (МГН), автоматическое включения резерва (АВР), каналный нагреватель (или калорифер), источник бесперебойного питания, концевой выключатель.

Systems of engineering communications require not only a private consideration, but also an integrated approach. This follows from the strong interconnection of the various systems. Such relationships can be illustrated by the example of fire safety zones for people with limited mobility. In this engineering solution it is possible to observe interrelation of heat supply, power supply and ventilation. In this article ventilation supply schemes with elements of control of the presence of a person in the area, the choice and justification of the type of heater, consideration of backup systems of the power system, the choice of cable for emergency power supply lines are considered. This article illustrates in detail the issues of an integrated design approach.

Keywords: people with limited mobility, automatic reserve switching, channel heater (or heater), uninterrupted power supply, end switch.

В современных условиях промышленного и жилищного строительства системы инженерных коммуникаций играют одну из главных ролей в обеспечении комфорта и безопасности эксплуатации того или иного объекта. Каждая отдельная система должна выполнять свою непосредственную функциональную задачу, но при этом очень важно учитывать работу смежных систем для получения максимальной эффективности. Еще на этапе проектирования должны быть учтены и предотвращены возможные межсистемные конфликты.

В проектировании больших жилых или промышленных комплексов отдельной проблемой встаёт вопрос обеспечения безопасной эвакуации маломобильной группы населения (МГН). В некоторых проектах нет возможности создать условия для быстрой эвакуации МГН. В таких случаях СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» [1] предусматривают зоны безопасности, где человек при необходимости может дожидаться помощи. В пункте 6.2.28 [1] указано, что «каждая безопасная зона здания или сооружения должна быть оснащена необходимыми приспособлениями и оборудованием для пребывания МГН», а значит, нужно разработать проектное решение, позволяющее обеспечить воздухообмен в зоне безопасности.

Так как постоянная работа зон безопасности на каждом этаже связана с колоссальными затратами электроснабжения, то для экономии ресурсов разумнее разработать систему, которая позволит определить наличие человека в зоне. На рис. 1 показан пример проектного решения безопасной зоны с концевыми выключателями.

После сигнала «ПОЖАР!» происходит включение вентиляторов системы противодымной вентиляции (ПД 2 и ПД 3 на рис. 1) и электрического калорифера К 3.1, а также открытие противопожарных клапанов КП 1.1 и КП 2.1 и дымового клапана КД 1.1. По управляющему сигналу от концевого выключателя (КВ), фиксирующего открытие-закрытие противопожарной двери, осуществляется отключение (при закрытии двери) и включение (при

открытии двери) вентилятора ПД 2. При выключенном вентиляторе ПД 2 противопожарный нормально открытый клапан КП 2.1 сохраняет открытое положение, при этом рециркуляция внутреннего воздуха исключается запорным клапаном (КВО на схеме).

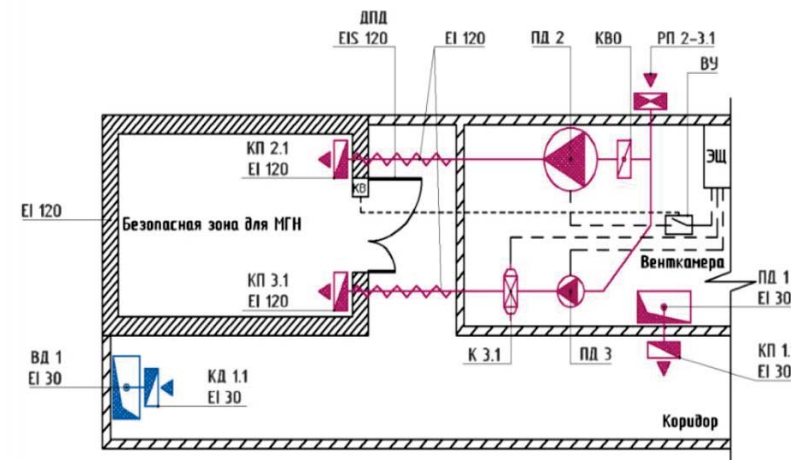


Рис. 1. Пример защиты безопасной зоны с применением концевого выключателя (КВ)

В соответствии с положениями п. 7.15 (г) СП 7.13130 [2] «подача воздуха в помещения безопасных зон должна осуществляться из расчета необходимости обеспечения скорости истечения воздуха через какие-либо щели, из-за возможных деформаций строительных конструкций, или же, не плотно закрытой двери, защищаемого помещения не менее 1,5 м/с». Таким образом, ядовитые газы, от которых и погибает большинство жертв пожаров, не смогут проникнуть внутрь. По этому принципу работает воздушный подпор пожарных лифтов. Помимо прочего, существует проблема температуры нагретого воздушного потока. Дело в том, что в момент пожара температура окружающей среды может быть отрицательной, а значит, температура в зоне безопасности может становится очень низкой. Спасаясь от огня, человек рискует погибнуть от переохлаждения. Во избежание этой ситуации используют калорифер.

Существуют различные варианты исполнения калориферов. Разделяют водяной, паровой, газовый и электрический. У каждого типа есть свои особенности. На практике чаще всего применяют электрические калориферы, так как они работают:

- с минимальным набором дополнительных устройств;
- достаточно короткое время от момента поступления сигнала «Пожар!» до поступления в зону безопасности уже тёплого воздуха [3].

Однако электрические нагреватели воздуха требуют серьёзных энергетических ресурсов. Поэтому встаёт проблема дополнительного электроснабжения. Есть два пути ее решения:

1. обесточивают второстепенные потребители;
2. вводят дополнительный источник энергии.

Согласно ПУЭ [4] «устройства АВР должны предусматриваться для восстановления питания потребителей путем автоматического присоединения резервного источника питания при отключении рабочего источника питания. Устройства АВР должны предусматриваться также для автоматического включения резервного оборудования при отключении рабочего оборудования».

Отключение второстепенных потребителей как способ получения дополнительной энергии для противопожарных систем практикуется, обычно, на объектах, где крупные потребители питаются от отдельных линий. Например, в Государственном Академическом Малом Театре при пожаре отключается кондиционирование, поворот сцены, дополнительное освещение сцены и прочие второстепенные потребители.

В жилых помещениях нет возможности выборочного отключения, так как там, как правило, разделение на щиты идёт не по функциональному принципу, а по территориальному. Иными словами, при отключении электричества в жилом доме будет отключён и свет внутри квартир, а это значительно увеличит время эвакуации. В таких случаях устанавливают автоматический ввод резерва (АВР). Данное решение позволяет быстро обеспечить электроэнергией важнейшие системы пожаротушения. Схема простейшего АВР показана на рис. 2.

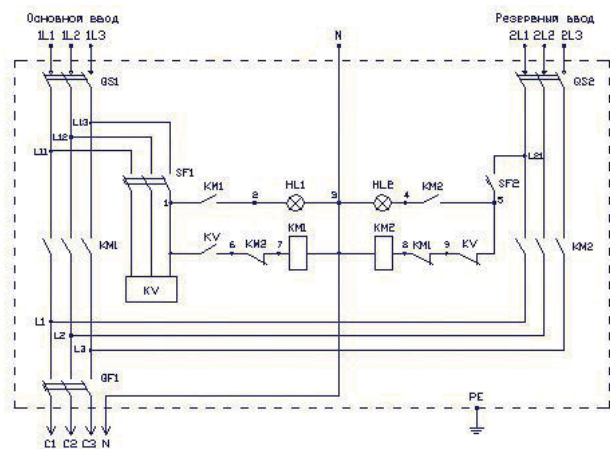


Рис. 2. Схема автоматического ввода резерва

В случае пожара, на управляющее устройство подаётся сигнал, который вводит в сеть дополнительный источник энергии.

Так как, вся система работает напрямую от электричества, снабжение которого во время пожара может нарушиться, необходимо предусмотреть систему резервирования. Для этих целей используют источник бесперебойного питания (ИБП), с расчётом на 30–60 минут. К сожалению, на данный момент нет возможности установить ИБП на большее время из-за стоимости и габаритов, однако и эта небольшая отсрочка может спасти жизнь.

В целом, для предупреждения перебоя в электроснабжении из-за разрыва проводов во время пожара, необходимо использовать кабель марки ВВГнг-LS, который может относительно долго сохранять свои свойства при высоких температурах, что также позволяет выиграть время для пожарной бригады.

Таким образом, мы рассмотрели не только концепт зоны безопасности, но и показали, насколько сильно взаимосвязаны различные инженерные системы. Проблема вентиляции порождает проблему отопления, а отопление – электроснабжения. На практике все инженерные системы постоянно влияют друг на друга, заставляя проектировщиков разрабатывать отдельные решения. Не стоит рассматривать любой объект, как сумму инженерных коммуникаций. В первую очередь, это единый рабочий комплекс. Исправление технических межсистемных конфликтов зачастую требует значительных временных и финансовых затрат как у заказчика, так и у подрядчика. А в дальнейшем может привести и к непосредственной угрозе безопасности эксплуатации всего объекта.

Литература

1. СП 59.13330.2012. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 (с Изменением N 1). (Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 27 декабря 2011 г. N 605 и введен в действие с 01 января 2013 г.).
2. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности (Утвержден и введен в действие приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 21 февраля 2013 года N 116).
3. Е. А. Штокман, Т. А. Скорик. Основы отопления и вентиляции. Изд-во: Феникс, 2011. 352 с. ISBN 978-5-222-18169-0.
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) (Издание седьмое). (Утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204).

УДК 621.311.16

Александра Максимовна Игнатьева, студент
Равиль Нуруллоевич Сафиуллин,
д-р. техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: i_aleksandra04@mail.ru,
safravi@mail.ru

Aleksandra Maksimovna Ignateva, student
Ravil' Nurulloevich Safiullin,
Dr. of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: i_aleksandra04@mail.ru,
safravi@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

DEVELOPMENT OF THE TECHNIQUE OF OPTIMIZATION OF MANAGEMENT SYSTEMS FOR ENERGY NETWORKS OF INTELLIGENT BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

На основании проведенного исследования определены направления совершенствования системы мониторинга и управления энергетическими ресурсами при функционировании интеллектуальных зданий и сооружений. Результатом проведенного исследования является серверный центр снижения затрат на энергопотребление в процессе эксплуатации инженерных систем и электрооборудования интеллектуальных зданий и сооружений, мониторинга энергопотребителей в реальном времени и прогнозирования расхода электроэнергии интеллектуальных зданий, который обеспечит накопление данных, необходимых для выполнения многих видов планирования энергосбережения ресурсов и позволит повысить обоснованность управленческих решений.

Ключевые слова: электроэнергетика, методика оптимизации, интеллектуальное здание, энергосбережение, умный город.

Based on the research, the directions for improving the system for monitoring and managing energy resources in the operation of intelligent buildings and structures were determined. The result of the study is a server center for reducing energy costs during the operation of engineering systems and electrical equipment of intelligent buildings and structures, monitoring of energy consumers in real time and predicting the energy consumption of intelligent buildings, which will provide the data necessary for the implementation of many types of energy saving planning and increase soundness of management decisions.

Keywords: electric power industry, a technique of optimization, intellectual building, energy saving, smart city.

Автоматизация технических систем зданий в мире достигла высокого уровня, в России данное направление набирает большие обороты на промышленных предприятиях. Актуальность рассмотренной темы обусловлена тем, что применение систем автоматизации, позволяющих эффективно управлять инженерными системами зданий и систем контроля движения транспорта, востребовано как при модернизации существующих электроустановок, так и при проектировании новых. Эффективное управление такими системами здания, как освещение, отопление и кондиционирование позволяет на 35 % снизить затраты на электроэнергию. Основой актуальных

теоретических исследований по снижению издержек на энергопотребление в процессе эксплуатации инженерных систем и электрооборудования интеллектуальных зданий и сооружений, стали Федеральные и региональные целевые программы модернизации энергетической системы в рамках программы «Умный город» [1].

Отсутствие единых требований и стандартов к созданию автоматических систем приводит к путанице в понятиях с появлением нового оборудования и программного обеспечения сомнительного качества и функционала. Объективная необходимость создания методологии инновационных технических и технологических решений обеспечения снижения затрат на энергопотребление в процессе эксплуатации инженерных систем и электрооборудования интеллектуальных зданий и сооружений поставлена заданиями Федеральных и региональных целевых программ.

Основные задачи программ: повышение сбалансированности, эффективности управления энергетическими ресурсами при функционировании интеллектуальных зданий и сооружений, как части энергетической системы, обеспечивающей национальные интересы страны.

В процессе управления энергетическими ресурсами интеллектуальных зданий и сооружений можно выделить три иерархических уровня процесса [2], [3]: на региональном мегауровне, на локальном макроуровне и на индивидуальном микроуровне (рис. 1).

На каждом уровне процесс управления энергетическими ресурсами оптимизируется по следующим критериям:

– объему систем автоматизации, позволяющих эффективно управлять инженерными системами зданий, который в n -й период не должен противоречить сохраняющейся тенденции увеличения потребления энергоресурсов в последующем $n + 1$ периоде:

$$P_{\text{тр}(n+1)} > P_{\text{тр}(n)} (P_{\text{тр}(n)} \neq 0);$$

где $P_{\text{тр}}$ – работа интеллектуальных технических средств;

– размеру затрат на энергоресурсы (R_3), который не должен быть больше размера допустимых затрат $R_3 < R_{3д} = f(c_p)$ где $R_{3д}$ – допустимые затраты на энергоресурсы; c_p – установленная стоимость энергоресурсов.

Оптимизационные модели имеют 3 уровня.

Уровень 3:

$$P_3 = \sum f(A_{31}, A_{32}, \dots, A_{3n}; W_{31}, W_{32}, \dots, W_{3n}); \quad R_3 = \sum f(A_{31}, A_{32}, \dots, A_{3n}; r_{31}, r_{32}, \dots, r_{3n}),$$

где A_{3i} – количество i -х интеллектуальных систем зданий (ИСЗ); W_{3i} и r_{3i} – соответственно, объем автоматизации и размера снижения затрат одной единицы i -х ИСЗ за календарный период.

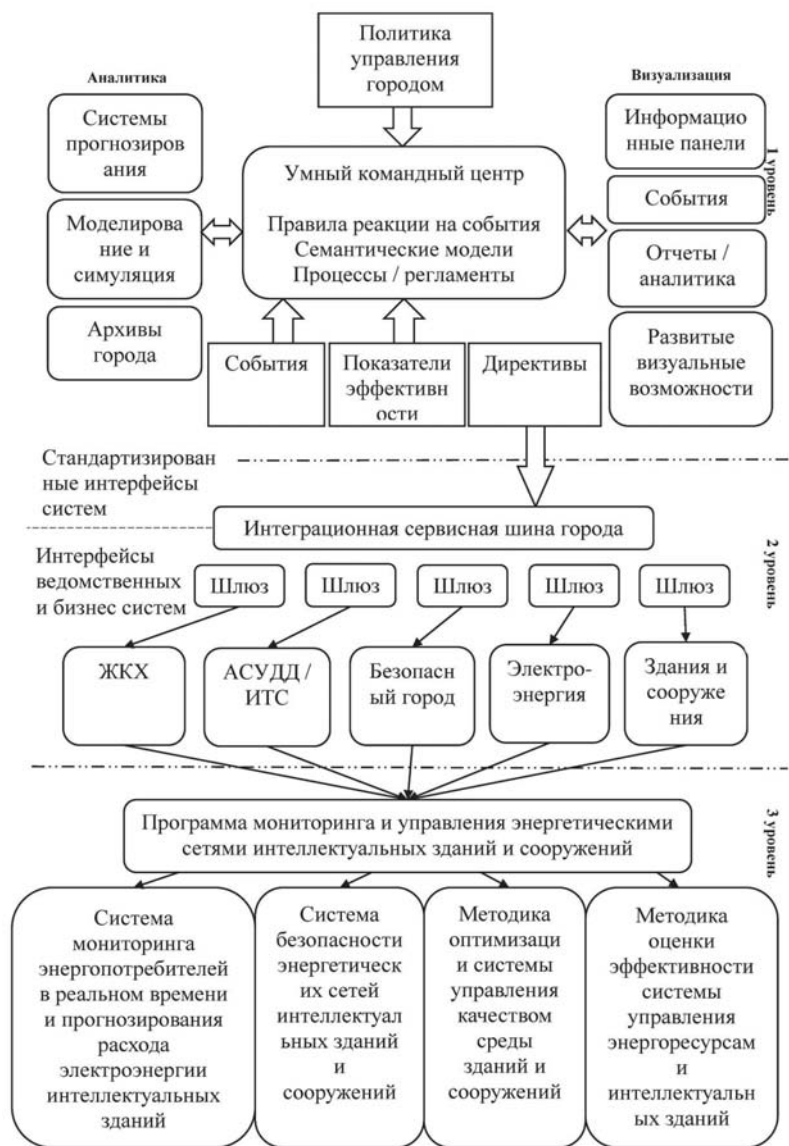


Рис. 1. Иерархические уровни управления энергетическими ресурсами интеллектуальных зданий и сооружений

Уровень 2:

$$P_2 = \sum f(q_{21}, q_{22}, \dots, q_{2n}; A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2n}); \quad R_2 = \sum f(g_{21}, g_{22}, \dots, g_{2n}; N_{21}, N_{22}, \dots, N_{2n})$$

где q_{2i} и g_{2i} – соответственно, объем автоматизации и размера снижения затрат от функционирования одной единицы i -х ИСЗ; A_{2i} и N_{2i} – число i -х ИСЗ.

Уровень 1:

$$P_1 = \sum f(\omega_{11}, \omega_{12}, \dots, \omega_{1n}; t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}); \quad R_1 = \sum f(T_2 g_1 + g_i (t_{p11}, t_{p12}, \dots, t_{p1n}))$$

где g_{1i} – размер снижения затрат от функционирования одной единицы i -х ИСЗ; ω_{1i} и t_{p1i} – часовая производительность и время работы i -х ИСЗ под управлением оператора.

Одним из основных современных технологических инструментов реализации данной методики может выступить Smart Grid [1], усовершенствованная сеть электроснабжения, которая использует информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надёжность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Комплексное снижение издержек на энергопотребление при эксплуатации инженерных систем и электрооборудования интеллектуальных зданий и сооружений требует создания единой базы данных, обеспечивающей возможность системного анализа энергетической сети, и формирования единой модели энергосистемы.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 316. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика». URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 10.02.2019).
2. Сафиуллин Р. Н., Керимов М. А. Интеллектуальные бортовые системы на автомобильном транспорте: монография / Р. Н. Сафиуллин, М. А. Керимов; под ред. докт. техн. наук Керимова М. А. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 354 с.: ил.
3. Руководство по планированию систем автоматизированного управления зданием. Архитектура LonWorks. URL: http://dionabms.ru/file_manager/solutions/lon_manual.pdf (дата обращения: 10.02.2019).

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

<i>Афиногенова Е. Ю.</i> Анализ методов борьбы с заиливанием участков существующих сетей канализации.....	3
<i>Виноградов С. И., Телятникова А. М.</i> Фильтрация иловой смеси из азротенка на мембранах.....	6
<i>Иевлева Н. Е., Столбихин Ю. В.</i> К вопросу определения объема приемного резервуара канализационной насосной станции.....	12
<i>Изотова В. А., Кудрявцев А. В.</i> Формирование кислых вод дождевого стока на территории терминала по перегрузке серы.....	16
<i>Калмыков П. Д.</i> Сбор и отведение сточных вод Санкт-Петербургского метрополитена на примере электродепо «Северное».....	20
<i>Коженцова Е. Ю., Верхотуров В. П.</i> Особенности регулирования поверхностного стока в городе Санкт-Петербург.....	24
<i>Колованова А. С., Федоров С. В.</i> Моделирование совместной работы насосной станции и сети с помощью Dynamo (Revit).....	28
<i>Парфенова П. М.</i> Модернизация песколовки для повышения эффективности удаления песка.....	32
<i>Пушкин В. С.</i> Рекомендации по организации узлов измерения и учета расхода и объема сточной воды.....	36
<i>Разумова М. В., Верхотуров В. П.</i> Оценка рисков аварии на тоннельных коллекторах вследствие износа их конструктивных элементов.....	39
<i>Семенов А. Б., Игнатчик С. Ю.</i> Особенности гидравлических режимов канализационной насосной станции.....	45
<i>Троицкая Е. В., Авсюкевич А. П.</i> Реконструкция очистных сооружений с применением мембранных биореакторов.....	50

СЕКЦИЯ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

<i>Баранова В. В.</i> Повышение эффективности управления газораспределительными сетями в муниципальных образованиях.....	54
<i>Латкин Г. Б.</i> Комплексное развитие территорий как фактор повышения экономического уровня жизни.....	56
<i>Савицкая В. Е., Байкова Е. В.</i> Львиный образ Саратова.....	59
<i>Устинова Д. О.</i> Проблема определения эффективности девелоперского проекта в развитии территорий.....	63
<i>Читалова Е. С.</i> Тенденции изменения площадей земельных угодий приморского района Санкт-Петербурга.....	66
<i>Шаповалов С. М., Пономарёва Т. В.</i> Сравнение автоматизированных систем для управляющих компаний и товариществ собственников жилья.....	71
<i>Яковлев В. В., Сенькин Н. А.</i> Намывные основания для многофункционального ТПУ «Кронштадт» при реконструкции транспортной системы Санкт-Петербурга.....	76

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

<i>Анциферов С. А., Усманова Е. А., Сузанский А. С.</i> Определение допустимой нагрузки на крепёж конвектора.....	82
<i>Богданова А. Д.</i> Методы испытаний отопительных приборов.....	88
<i>Боровик А. С.</i> Системы вентиляции, применяемые в современном жилом строительстве.....	92

<i>Доброгорский В. Е., Пономарев Н. С.</i> Особенности модернизации КВОУ для снижения ограничений располагаемой мощности ГТУ в условиях высокой температуры наружного воздуха.....	96
<i>Зандарев А. Ч., Рафальская Т. А.</i> Процессы тепло- и влагообмена в форсуночных камерах орошения и их эффективность.....	101
<i>Кондрашева М. Р., Андреева Т. Ю., Рамазанов Р. С.</i> Компьютерные методы расчёта тупиковых газораспределительных сетей среднего давления.....	107
<i>Коновалов М. А., Яковлев В. А.</i> Сравнительный анализ эффективности применения шахматных конвективных пакетов в газовых отопительных котлах.....	112
<i>Лазурина М. А.</i> Программные комплексы гидравлического расчета систем горячего водоснабжения зданий.....	116
<i>Лобова С. В.</i> Численное моделирование работы системы отопления выставочного зала.....	120
<i>Макаров Ю. Ю.</i> Анализ тепловлажностного режима выставочных залов в историческом здании в Санкт-Петербурге.....	124
<i>Никулин Н. Ю., Яшин С. С.</i> Кожухотрубный теплообменный аппарат с повышенной турбулизацией.....	129
<i>Просвирина И. С., Таргачев С. С.</i> Актуальность использования альтернативных источников энергии для малоэтажного строительства в республике Дагестан.....	134
<i>Рафальская Т. А., Кунаев И. О.</i> Исследование переменных тепловых характеристик теплообменников.....	138
<i>Рафальская Т. А., Мансуров А. Р.</i> Проблемы качественно-количественного регулирования теплоснабжения.....	144
<i>Трубина Ю. А.</i> Отопительные поверхности термоактивного здания.....	149
<i>Хрисанфова А. М.</i> Модернизация ИТП с установкой автоматики погодного регулирования и корректирующего насоса на переключке к элеватору в системе отопления.....	153
<i>Шершунович С. С.</i> Анализ проектного решения систем кондиционирования воздуха в помещении автоматической телефонной станции.....	155

СЕКЦИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

<i>Быстрова Е. Д.</i> Оптимизация котельной Девяткино-1 с целью повышения ее экологической безопасности.....	159
<i>Гончарук Т. Н., Егорова А. А.</i> Подходы к идентификации опасных и вредных факторов производственной среды и трудового процесса на основе внедрения новых документов.....	162
<i>Коноплева Т. В., Узназакова К. А.</i> Некоторые аспекты взрывов газа в многоквартирных жилых домах.....	168
<i>Ларин Д. В.</i> Оценка и управление рисками как часть системы управления охраной труда на предприятии.....	171
<i>Максимович М. С.</i> Современные методы переработки ТКО для повышения экологической безопасности регионов.....	174
<i>Петрунина Л. Л.</i> Повышение экономической эффективности экологических методов снижения негативного воздействия технологических производств на окружающую среду.....	178
<i>Полховская Д. Ю.</i> Сравнительный анализ методических подходов к оценке уровня профессионального риска.....	181
<i>Черяева К. М.</i> Повышение региональной экологической безопасности путем снижения негативного воздействия выбросов металлообрабатывающих производств.....	184

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

<i>Баринев Р. А., Даниелян А. В., Епишкин А. Е.</i> Система автоматизации частного дома.....	187
<i>Денисевич П. А., Новиков М. А.</i> Конфликты в инженерных системах.....	189
<i>Иенатьева А. М., Сафиуллин Р. Н.</i> Разработка методики оптимизации систем управления энергетическими сетями интеллектуальных зданий и сооружений.....	194

Научное издание

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Материалы 1-й Региональной научно-практической
конференции – магистерские слушания

4–9 февраля 2019 года

Компьютерная верстка С. Н. Яблокова

Подписано к печати 07.06.2019. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 11,6. Тираж 300 экз. Заказ 87. «С» 36.

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.