



ИИЭСМ

Институт инженерно-
экологического
строительства
и механизации

ЗЕЛЁНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Сборник материалов Всероссийской конференции

(г. Москва, 25 мая 2022 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

ISBN 978-5-7264-3069-0

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2022

- 3-48 **Зелёные технологии в жизненном цикле зданий и сооружений**
[Электронный ресурс] : сборник материалов Всероссийской конференции (г. Москва, 25 мая 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт инженерно-экологического строительства и механизации. — Электрон. дан. и прогр. (5,5 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — URL: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-3069-0

В сборник включены статьи Всероссийской конференции «Зелёные технологии в жизненном цикле зданий и сооружений», проходившей 25 мая 2022 г. В Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете.

Для магистрантов, аспирантов, профессорско-преподавательского состава вузов, реализующих программы высшего профессионального образования в области строительства и экологии, а также для специалистов в области теплогазоснабжения и вентиляции, водоснабжения и водоотведения, автоматизации и электроснабжения.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений*

Ответственная за выпуск *А.Н. Чебан*

Институт инженерно-экологического строительства и механизации
(ИИЭСМ НИУ МГСУ).

Тел.: +7 (495) 730-62-53

e-mail: iiesm@mgsu.ru"

Сайт: www.mgsu.ru

<http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IIESM/kontakty/>

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Верстка макета *А.Н. Чебан*

Подписано к использованию 07.07.2022. Объем данных 5,5 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Абросимова И.А., Мохов А.И.

**ОБОСНОВАНИЕ ДОСТУПНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ
«ДОПРОЕКТИРОВАНИИ» ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ** 6

Григорян Э.А., Чеботаева Е.М.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ
ГОСТИНИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ** 15

Зорина Д.С.

**ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЖИЛОГО КВАРТАЛА
АЛЕКСЕЕВСКОГО РАЙОНА ОТ СТРОЯЩЕГОСЯ ЖК
«СЕНАТОР» (МОСКВА)** 21

Козлова Е.А., Мохов А.И., Афанасьева А.А.

**ВНЕДРЕНИЕ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ПРОГРАММЫ СОВЕТА ПО
ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ** 39

Красова А.В., Смирнова О.Е.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКА
СТОЧНЫХ ВОД В СТРОИТЕЛЬСТВЕ** 49

Левченко А. И.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ
ПЛАСТМАССВЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД
ДАВЛЕНИЕМ** 60

Оганесян Е.С., Семенов А.Б.

ЧИСЛЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ:

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ** 72

Огаркова И. К

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ВЕНТИЛЯЦИЕЙ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ** 89

Третьякова О. Д.

**ВОДЯНОЕ ОХЛАЖДЕНИЯ – ДЕРЕВЯЯ ПРАКТИКА И
АКТУАЛЬНЫЙ ТРЕНД В ЗЕЛЁНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ** 101

Феногенов И. А.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОКАРТОННЫХ
ЛИСТОВ** 110

Ширкова Т.Н.

**ОЧИСТКА ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНОВ ТБО С ПРИМЕНЕНИЕМ
ОБРАТНОГО ОСМОСА И ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ
КОНЦЕНТРАТА** 126

ОБОСНОВАНИЕ ДОСТУПНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ «ДОПРОЕКТИРОВАНИИ» ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Абросимова И.А., аспирант 3 года обучения, НИУ МГСУ, г. Москва

Наличный руководитель: **Мохов А.И.** д-р тех. наук, профессор, НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

Цифровая экономика существенным образом влияет на реализацию этапов жизненного цикла строительных объектов. Это требует постоянной разработки новых и совершенствования существующих методов автоматизированного проектирования, заложенных в основу управления эффективностью и качеством технологических процессов каждого этапа в составе жизненного цикла. Такие мероприятия проводились и проводятся различными исследователями с целью совершенствования методов создания и эксплуатации зданий и сооружений как недвижимости. Рассматривая жизненный цикл здания (рис. 1), стоит обратить внимания на 10 этап – «Строительное переустройство», на данном этапе происходит так называемое «допроектирование» здания, которым пользуется «потребитель». В свою очередь задача «исполнителя» и «надзорных органов» возвести сооружение, отвечающее нормам надежности и установленными государством стандартами. В отличие от них «заказчик» и «пользователь» пытаются довести свое сооружение до комфортного и удобного для них уровня, при этом обладая определенными ресурсами и возможностями. Разработав данные математические формулы, для определения доступности технологии, а также определения насколько она является наилучшей, применительно к определенному строительному объекту. Мы имеем возможность построения алгоритма работы программного комплекса, который будет встраиваться в используемый «исполнителем» программный комплекс и автоматически подбирать доступную и наилучшую технологии для «заказчика» и «пользователя».

Annotation

The digital economy significantly affects the implementation of the stages of the life cycle of construction projects. This requires the constant development of new and improvement of existing methods of computer-aided design, which are the basis for managing the efficiency and quality of technological processes at each stage in the life cycle. Such events have been and are being carried out by various researchers in order to improve the methods of creating and operating buildings and structures as real estate. Considering the life cycle of the building (Fig. 1), it is worth paying attention to the 10th stage - "Construction reconstruction", at this stage the so-called "additional design" of the building takes place, which is used by the "consumer". In turn, the task of the "performer" and "supervisory authorities" is to build a structure that meets the standards of reliability and standards established by the state. In contrast, the "customer" and "user" are trying to bring their building to a comfortable and convenient level for them, while having certain resources and capabilities. Having developed these mathematical formulas to determine the availability of technology, as well as to determine how it is the best, in relation to a particular building object. We have the ability to build an algorithm for the operation of the software package, which will be built into the software package used by the "executor" and automatically select the available and best technology for the "customer" and "user".

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, жизненный цикл, допроектирование, строительный комплекс, математическая модель

Keywords: best available technologies, life cycle, additional design, building complex, mathematical model

Введение

Цифровая экономика существенным образом влияет на реализацию этапов жизненного цикла строительных объектов. Это требует постоянной разработки новых и совершенствования существующих методов

автоматизированного проектирования, заложенных в основу управления эффективностью и качеством технологических процессов каждого этапа в составе жизненного цикла. Такие мероприятия проводились и проводятся различными исследователями с целью совершенствования методов создания и эксплуатации зданий и сооружений как недвижимости. Причем происходит освоение всех новых этапов жизненного цикла объекта строительства, включая этап инвестирования строительства, переустройства зданий и сооружений, а также этап окончания жизненного цикла – утилизация строительного объекта. И здесь мы сталкиваемся с основной проблемой – отсутствием норм, необходимых для осуществления согласования различных видов деятельности в процессе передачи результатов из одного этапа в последующие. Если еще можно говорить о наличии информационно-документального обеспечения того или иного этапа, то ситуация с документацией, сопровождающей проведение работ, т.е. фиксирующей согласование видов деятельности в составе каждого из этапов, находится в самом начале формирования своих методологических основ. Согласно нормам известного закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании», такая документация в виде строительных технических регламентов (ТР), формирующих правила взаимодействия рыночных субъектов, должна стать основой их участия в реализации жизненного цикла строительной продукции. Поэтому разработка регламентного документального сопровождения (РДС) строительных технологий формирования эксплуатационных характеристик зданий и сооружений (ЭХЗС) представляется весьма актуальной задачей.

Материалы и методы

Рассматривая жизненный цикл здания (рис. 1), стоит обратить внимания на 10 этап – «Строительное переустройство», на данном этапе происходит так называемое «допроектирование» здания, которым пользуется «потребитель».



Рисунок 1. Жизненный цикл здания

Жизненный цикл здания или сооружения — период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения. Несмотря на указанных, на схеме участников жизненного цикла, на практике их число гораздо больше, но мы можем выделить четырех основных и непрерывных участников жизненного цикла объекта:

- заказчик;
- исполнитель;
- надзорные органы;
- пользователь.

В свою очередь задача «исполнителя» и «надзорных органов» возвести сооружение, отвечающее нормам надежности и установленными государством стандартами. В отличие от них «заказчик» и «пользователь» пытаются довести свое сооружение до комфортного и удобного для них уровня, при этом обладая

определенными ресурсами и возможностями. Данный процесс хорошо описан на рисунке 2.

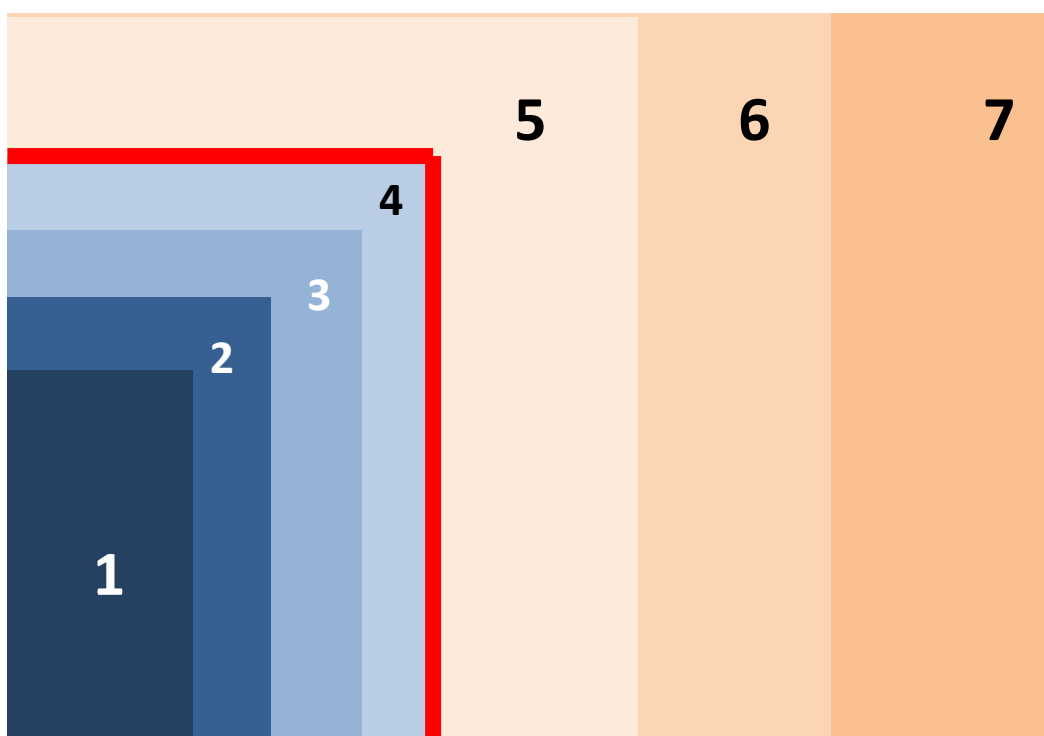


Рисунок 2. Этап «допроектирования»

1- здание; 2 – здание, отвечающее требованиям нормативных актов; 3- здание, отвечающее пожеланиям заказчика; 4- здание, отвечающее пожеланиям пользователя; 5- «зеленое здание»; 6- умное здание; 7 – интеллектуальное здание

Из данной схемы мы можем видеть, что надежное здание, отвечающее государственным регламентирующим документам, находится в зонах 1-4, в зонах 5-7 находится здание «удобное» и «комфортное» для пользователя, то есть то здание, которое будет «допроектировано», после начала его эксплуатации.

Данные зоны разделяет красная линия, она является маркером для понимания насколько элементы «допроектирования» доступны для всех основных четырех участников жизненного цикла здания.

Делая выводы, мы можем построить следующую математическую модель, для определения коэффициента доступности - K_g .

$$K_{gi} = \frac{\sum p \sum w \sum a \sum b - |C|}{\sum g \sum s \sum in} \Rightarrow K_{gi} = \int_{\sum st}^{\sum in} dn_t$$

,где

i- определенная технология

p- нормативные документы и правила

w- пожелания пользователя

a- возможности заказчика

b – возможности исполнителя

c – непредвиденные издержки

g – green building

s – smart building

in- intellectual building

Полученные результаты данной модели имеют следующие свойства:

- если коэффициент K_{gi} **больше 1**, то технология считается **доступной**;
- если коэффициент K_{gi} **меньше 1**, то технология **недоступна и неэффективна**.

Таким образом, поняв доступность технологии, нам необходимо понять какая технология, применительно к определенному объекту будет являться наилучшей, для этого необходимо воспользоваться следующей математической моделью:

$$P_b = \frac{|P_n - P_a|}{P_n} \approx [0,95 \sim 1,05]$$

где

P_n - нормативный параметр

P_a - параметр возможностей

P_b - наилучший параметр

Результаты

Разработав данные математические формулы, для определения доступности технологии, а также определения насколько она является наилучшей, применительно к определенному строительному объекту. Мы имеем возможность построения алгоритма работы программного комплекса, который будет встраиваться в используемый «исполнителем» программный комплекс и автоматически подбирать доступную и наилучшую технологии для «заказчика» и «пользователя».

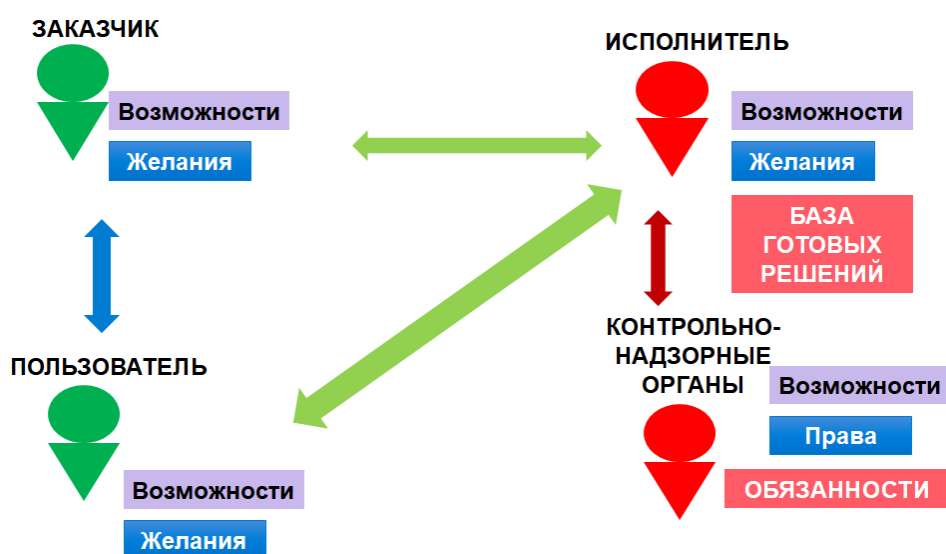


Рисунок 2. Алгоритм работы программного комплекса

Из данной инфографической модели мы видим, что программному комплексу, необходимо анализировать и сопоставлять «возможности» и «желания» Заказчика и Пользователя, с «возможностями», «Базой готовых решений» и «обязанностями» Исполнителя и Контрольно-надзорных органов.

Заключения

Показано, что эксплуатационные характеристики зданий и сооружений в процессе ЖЦ могут быть переустроены в зависимости от изменений условий эксплуатации. Такое переустройство строительного объекта определяется качеством проектирования и строительства, которое, в свою очередь, основано

на соразмерности ЖЦ подсистем объекта, заложенных используемыми технологиями и зафиксированных в сопровождающей документации.

В материалах главы приводится обоснование применения комплексной безопасности строений как основной эксплуатационной характеристики зданий и сооружений.

Существует необходимость научно-обоснованной оценки функций безопасности строений на этапе эксплуатации, их документальной фиксации и использования этих документов при регламентном документальном сопровождении реализации организационно-технологических решений.

Библиография

1. Светлаков В.И., Мохов А.И. Модель цикла комплексного развития территории / Интернет-журнал «Наукоедение», - М., №6. 2014г. – <http://naukovedenie.ru/PDF/68EVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/68EVN614.
2. Мохов А.И., Светлаков В.И., Мохова Л.А. Интеллектуализация сферы жизнедеятельности как средство формирования ноосферы В.И. Вернадского // Вестник РАН. 2015. Т. 15. №1. С. 31-40.
3. Мохов А.И., Светлаков В.И., Некрасова М.А., Мохова Л.А., Филичева Е.В. Ресурсы моделирования комплексного развития территорий: капитализация территорий моногородов Арктической зоны. // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» Том 4, №1 (2017) <http://resources.today/PDF/>(доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
4. Мохов А.И., Светлаков В.И. Модель индикатора социально-экономического развития территории для применения в расчете показателя капитализации / Государственное управление и развитие России: вызовы и возможности. Сборник статей международной конференции-сессии. Том I. Под общ. ред. Г.Ю. Ивлевой. – М.: Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2018. – С.101-109.

5. Быстров А.В., Светлаков В.И., Бойкова И.В. Ресурсы технологической платформы в составе комплексного объекта переустройства территорий / В кн. Современные проблемы управления проектами в инновационно-строительной сфере и природопользовании: материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию РЭУ им. Г.В. Плеханова, 12-16 апреля 2017г. //под ред. В.И. Ресина. - Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», 2017. – С.287-291.

6. Бойкова И.В., Суходольская Л.В., Мохова Л.А. Особенности внедрения «зеленого» проектного менеджмента в сферу капитального строительства // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/63EVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

7. Абросимова И.А. КОЭФФИЦИЕНТ «ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ в сборнике: Зелёные технологии в жизненном цикле зданий и сооружений. сборник докладов научно-технического семинара. Москва, 2022. С. 17-25.

8. Mokhov A.I., Komarov N.M., Abrosimova I.A. Information model of intelligent support for effective decisions Lecture Notes in Civil Engineering. 2022. T. 231. С. 191-198. DOI: 10.1007/978-3-030-96206-7_20

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЯ ГОСТИНИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Григорян Э.А., НИУ МГСУ, г. Москва

Научный руководитель **Чеботаева Е.М.** кан. тех. наук, НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

Темой работы является проектирование системы освещения здания гостиницы с применением технологий информационного моделирования (ТИМ). Актуальность темы состоит в том, что работа выполнена с применением BIM, с использованием AutoDesk Revit, DIALux Evo.

Annotation

The subject of the work is the designing of lighting system of the hotel building using information modeling technologies. The relevance of the theme is that the work was done using BIM, using AutoDesk Revit, DIALux Evo.

Ключевые слова: электроосвещение, освещение, электричество, ТИМ, информационное моделирование.

Keywords: electric lighting, lighting, electricity, BIM, information modeling.

Введение

Технологии информационного моделирования (ТИМ) медленно, но уверенно становятся неотъемлемой частью проектирования. Темп развития этой технологии позволяет уверенно говорить, что уже в ближайшем будущем ни одно проектируемое здание не обойдётся без информационной модели.

Немаловажным преимуществом применения BIM (Building Information Modeling) является то, что довольно наглядно, ещё на этапе проектирования

удаётся увидеть все недоработки проекта, исключить коллизии инженерных систем, и за счёт этого предотвратить перерасход денежных средств.

Но всё же есть разделы, которые всё ещё тяжело проектировать с применением ТИМ. Такими разделами по большей части являются слаботочные системы, проекты по электроснабжению и электроосвещению, и системы автоматизации.

Проекты этих разделов всё ещё делаются «по старинке» в AutoCAD, и мало кто берётся пробовать перенести подобные проекты на движок современной технологии.

Материалы и методы

Строительным объектом, на базе которого будет осуществляться проектирование систем, является здание гостиницы, находящееся в Москве.

Здание имеет прямоугольную форму с размерами 15,2 м * 60 м. Общее количество этажей – 10. На первом этаже располагаются помещения руководства гостиницы, обслуживающего персонала, и технические помещения различного назначения. Второй этаж технический. Третий же этаж в данном проекте является типовым, и там располагаются самые важные помещения – гостиничные номера. Общая площадь объекта составляет 7500 м².

Во всех помещениях, кроме номеров, и технических помещений выполнены подвесные потолки. В гостиничных номерах выполнены натяжные потолки. В случае необходимости за потолками могут быть реализованы различные инженерные системы здания.

Исходными данными для начала проектирования являются BIM-модель здания гостиницы (Рисунок 1), и каталог производителя осветительной арматуры. В этой работе примем НВК «Световые технологии», поскольку этот производитель обладает огромным каталогом оборудования, со всеми необходимыми данными для BIM-проектировщика.



Рисунок 1. BIM модель здания

Теперь, когда все необходимые данные уже есть, можно приступить к процессу проектирования. В первую очередь необходимо проставить пространства в проекте электроосвещения. Экспорт в DIALux происходит в формате «stf». Для того, что бы получить файл в таком формате, необходимо воспользоваться плагином Teslabim. Этот плагин устанавливается в дополнение к Revit, и позволяет автоматизировать некоторые рутинные задачи.

В плагине предусмотрена функция «Экспорт в DIALux». Нажав эту кнопку, мы получаем файл в необходимом нам формате.

Следующий шаг – запускаем DIALux и нажимаем на «Планировка здания и внешнего пространства». Выбираем экспортированный нами из Revit файл, и получаем готовую архитектурную модель. Из каталога производителя необходимо выбрать светильники, а в настройках программы задать нормативную освещённость по каждому помещению, или же, если проект грамотно настроен, есть возможность загрузить базу с нормативной освещённостью по всем типам помещений, в таком случае данные заполнятся автоматически.

Подгрузив светильники в модель и расставив их, мы получаем следующую картину (Рисунок 2).

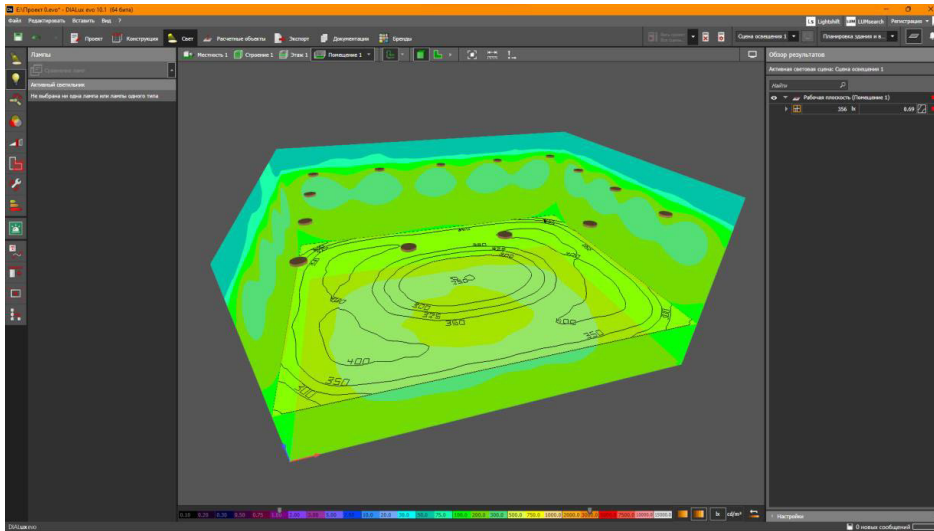


Рисунок 2. 3D карта освещённости

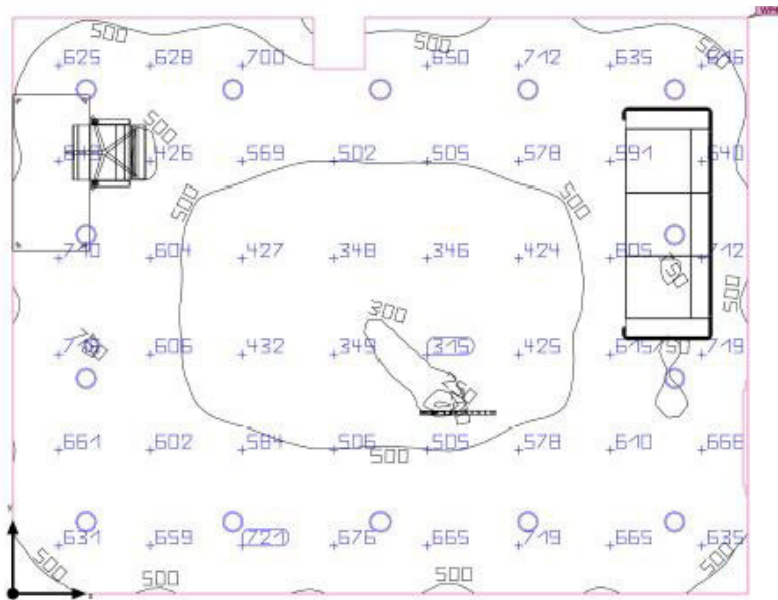


Рисунок 3. 2D карта освещённости

Далее сохраняем в родном формате DIALux (.evo). Открываем Revit и через команду импорта загружаем файл из DIALux. В появившемся меню мы делаем сопоставление светильников из DIALux с семейством и типом в Revit(предварительно необходимо загрузить необходимые типоразмеры семейства в Revit).

На выходе в Revit получаем расставленные информационные модели светильников (Рисунок 4). В этих семействах уже есть все необходимые данные для любого расчёта.

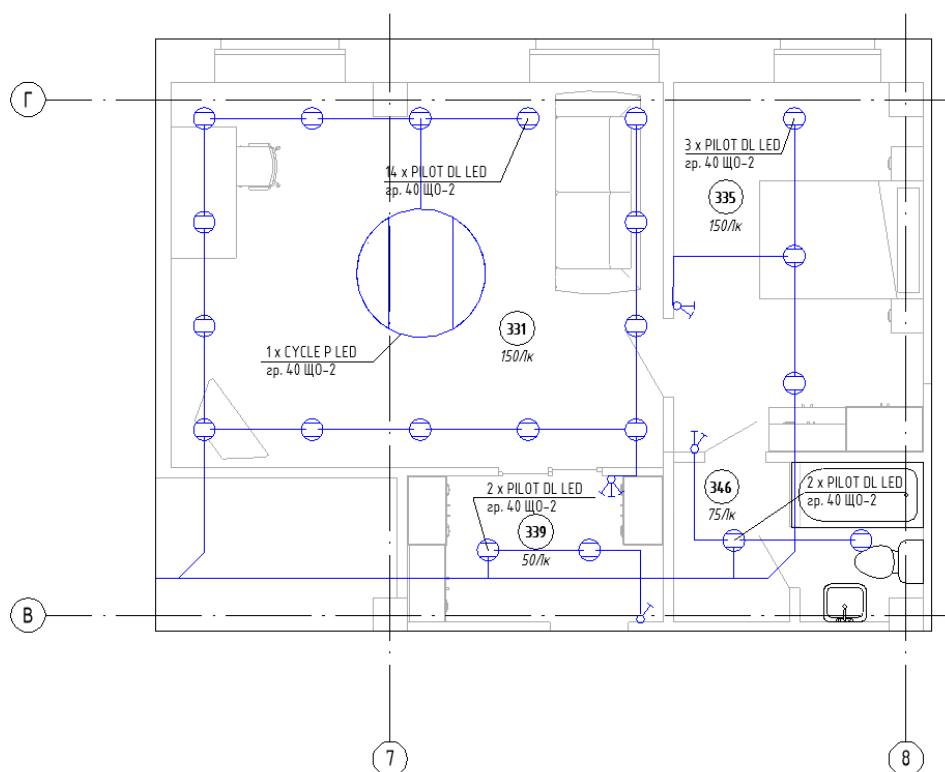


Рисунок 4. План освещения

Результаты

Проведенная работа показала, что моделирование электрических систем с использованием технологии BIM – задача вполне выполнимая, хотя современные программы информационного моделирования зданий не до конца рассчитаны первоначально на работу с такими объектами.

Заключения

Подобный подход к проектированию позволяет в разы увеличить эффективность каждого отдельного проектировщика, и выполнять рутинные задачи в разы быстрее.

Библиография

1. ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое.

3. СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа»

4. «Системы электроснабжения промышленных объектов и городов. Часть 2. Электроснабжение жилых домов с улучшенной планировкой и коттеджей» Ю.В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И.Г. Подгурская. - Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2015. – 162 с.

ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЖИЛОГО КВАРТАЛА АЛЕКСЕЕВСКОГО РАЙОНА ОТ СТРОЯЩЕГОСЯ ЖК «СЕНАТОР» (МОСКВА)

Зорина Д.С., НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

В статье описано исследование уровня звука в жилом квартале района «Алексеевский» города Москвы. В ходе обработки результатов выявилось нарушение ПДУ эквивалентного и максимального уровня звука на придомовой территории застройки района, причиной которого являлось строительство ЖК "Сенатор", а также автомагистраль.

Annotation

The article describes the study of the sound level in the residential quarter of the district «Alekseevsky» of Moscow. During the processing of the results a violation of the "Legal sound limits" equivalent and maximum level of sound in the building area of the district was found. The reason for this was the construction of the housing complex "Senator", as well as the nearby highway.

Ключевые слова: предельный уровень звука (ПДУ), эквивалентный уровень звука, максимальный уровень звука, шум, строительство, экология.

Keywords: legal sound limits (LSL), equivalent sound level, maximum sound level, noise, construction, ecology.

Введение

Изучив стандарт СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Зеленое строительство», автор обратила внимание на то, что данный стандарт включает в себя фактор шумового воздействия на человека. На рисунке 1 представлен фрагмент из стандарта «Зеленого строительства».

8	Защищенность придомовой территории от шума и инфразвука (2–9 баллов)	Максимальный уровень звука L ($A_{\text{макс}}$), дБА, не более	День	Ночь	
			35	25	7
			45	35	5
		50	40	3	
		Общий уровень инфразвукового давления в октавной полосе 2–16 Гц, дБ Лин, не более	45	35	2
№ п.п.	Критерий	Индикатор	Параметр		Баллы
21	Акустический комфорт (1–16 баллов)	Снижение уровня звука L_a и эквивалента ($A_{\text{эв.}}$), дБА, более чем на	День	Ночь	
			7	10	10
			5	7	7
		3	5	3	
		Общий уровень инфразвукового давления в октавной полосе 2–16 Гц, дБ Лин, не более	35	25	3
40	30	2			
Индекс изоляции ударного шума $L_{\text{инв}}$, дБ, не более	50	3			
	55	1			

Рисунок 1. Фрагмент из стандарта СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011

Анализируя перечень из 46 критериев, можно выделить 2 критерия из 2 категорий, которые включают в себя шумовое воздействие, сумма баллов по этим категориям равна 25. Общая максимальная величина интегральной оценки, предусмотренная системой, равна 650 баллам. Автор отмечает, что по формулировке названия критериев, шумовое воздействие возможно отнести к большему числу критериев, поскольку на распространение шума влияет также: ориентация здания относительно других зданий, наличие зеленых территорий, наличие шумозащитных мероприятий и другие факторы. Таким образом, на шумовое воздействие на окружающую среду согласно стандарту «Зеленое строительство» приходится доля категорий, равная ~ 3,9%.

Аналогично с стандартом, актуальность работы также заключается в важности использования показателей окружающей среды в 6D-модели ОКС, такая модель позволяет производить анализ и прогноз показателей экологичности объекта.

Цель работы заключается в оценке шумового загрязнения жилого квартала Алексеевского района от строящегося ЖК "Сенатор".

Материалы и методы

В соответствии с картой шума Москвы, подготовленной командой Urbica в рамках летней стажировки¹, были проанализированы показатели шумового загрязнения Москвы, благодаря которым объектом исследования была выбрана стройплощадка строящегося ЖК «Сенатор» в Алексеевском районе.

Адрес объекта исследования: г. Москва, просп. Мира, д. 105.

Задачи исследования:

1. произвести замеры уровня звука на территории около ЖК «Сенатор»;
2. проанализировать результаты замеров на превышение ПДУ;
3. выявить основные источники шума на стройплощадке ЖК «Сенатор» и дать им количественную оценку влияния;
4. в случае обнаружения превышения ПДУ – предложить пути решения проблемы.

Предмет исследования: шум, создаваемый строительной площадкой ЖК "Сенатор". Внешний вид стройплощадки ЖК «Сенатор» представлен на рисунке 2.

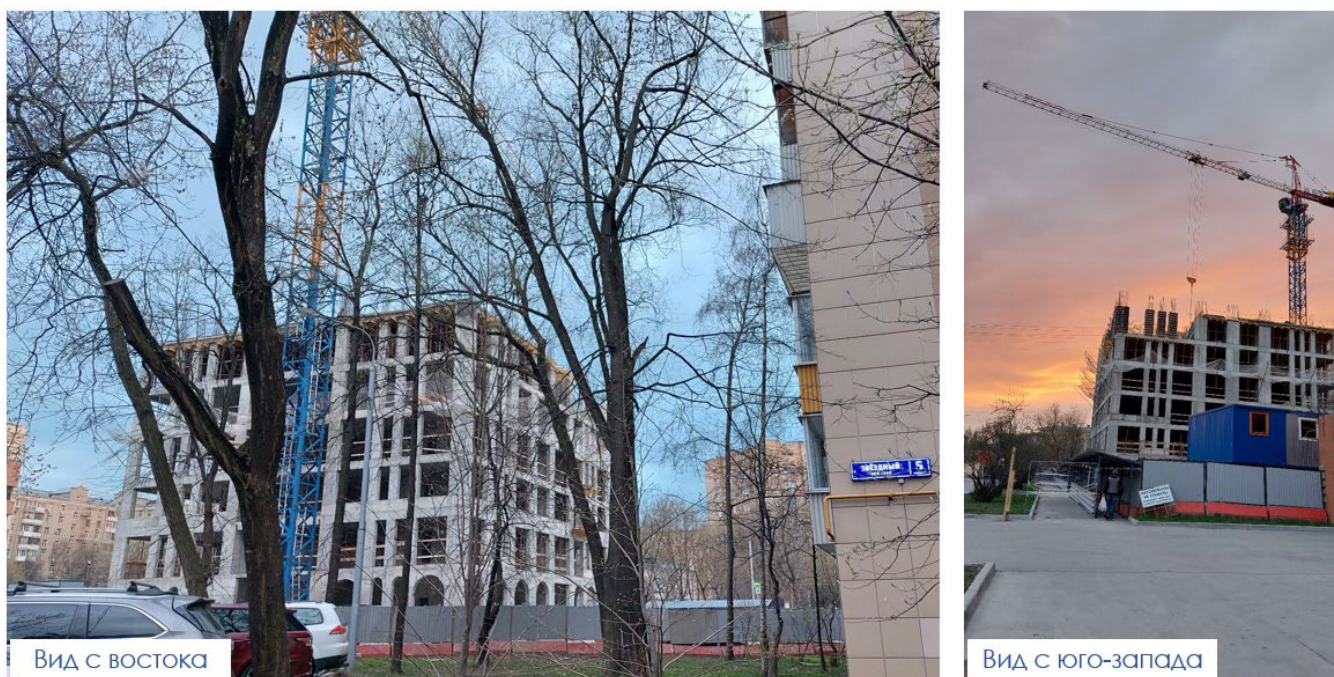


Рисунок 2. Внешний вид объекта исследования

¹ URL: <https://urbica.github.io/noisemap/> (дата обращения: 20.05.2022 г.)

Исследование проводилось в соответствии с ГОСТ 23337-2014 "Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий (с Поправками)".

Сбор информации по исследованию уровня звука от строительной площадки ЖК «Сенатор» осуществлялся в промежуток с 07:00 до 23:00 часов шумомером. Ночью работы на строительной площадке останавливаются, поэтому необходимости в ночных замерах нет. Необходимо было зафиксировать уровень звука на придомовой территории жилых зданий, расположенных рядом с ЖК «Сенатор». Вид фиксируемого шума – постоянный и непостоянный, величина измерения – уровень звука, эквивалентный уровень звука и максимальный уровень звука, тип непостоянного шума – импульсный. Поправка на время суток – днем не учитывается. Проводить измерения необходимо не менее чем в трех точках, расположенных на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций зданий на высоте от $1,2\pm 0,1$ м до $1,5\pm 0,1$ м над уровнем поверхности территории.

Оборудование для выполнения замера: ДТ-8820 Измеритель параметров окружающей среды 4 в 1. Погрешность $\pm 2,5$ дБА. Калибровка: сертификат о калибровке № 2035, заводской номер – 180912578.

Время проведения замера: 19:20-20:30. Дата проведения замеров: 26.04.2022 г.

Интерес исследования стройплощадки ЖК «Сенатор» заключается в местоположении: строительство ЖК бизнес класса ведется в условиях стеснённой застройки в окружении существующих жилых домов средней этажности.

На территории района находится: Типография Гознака, зеленый бульвар «Звездный», в 10 минутах ходьбы располагается метро ВДНХ, в 16 минутах ходьбы метро Алексеевская.

Исследование было проведено со стороны севера-запада-юга от строительной площадки: у жилых домов, расположенных вблизи со строительной площадкой, у ограждения стройплощадки, через дорогу от нее и

через здания. Определить параметры уровня шума около Гознака (восточная сторона) не представлялось возможным, поскольку территория Гознака закрыта для доступа.

В ходе исследования были проведены замеры уровня звука в 18 точках, отмеченных на рисунке 3.

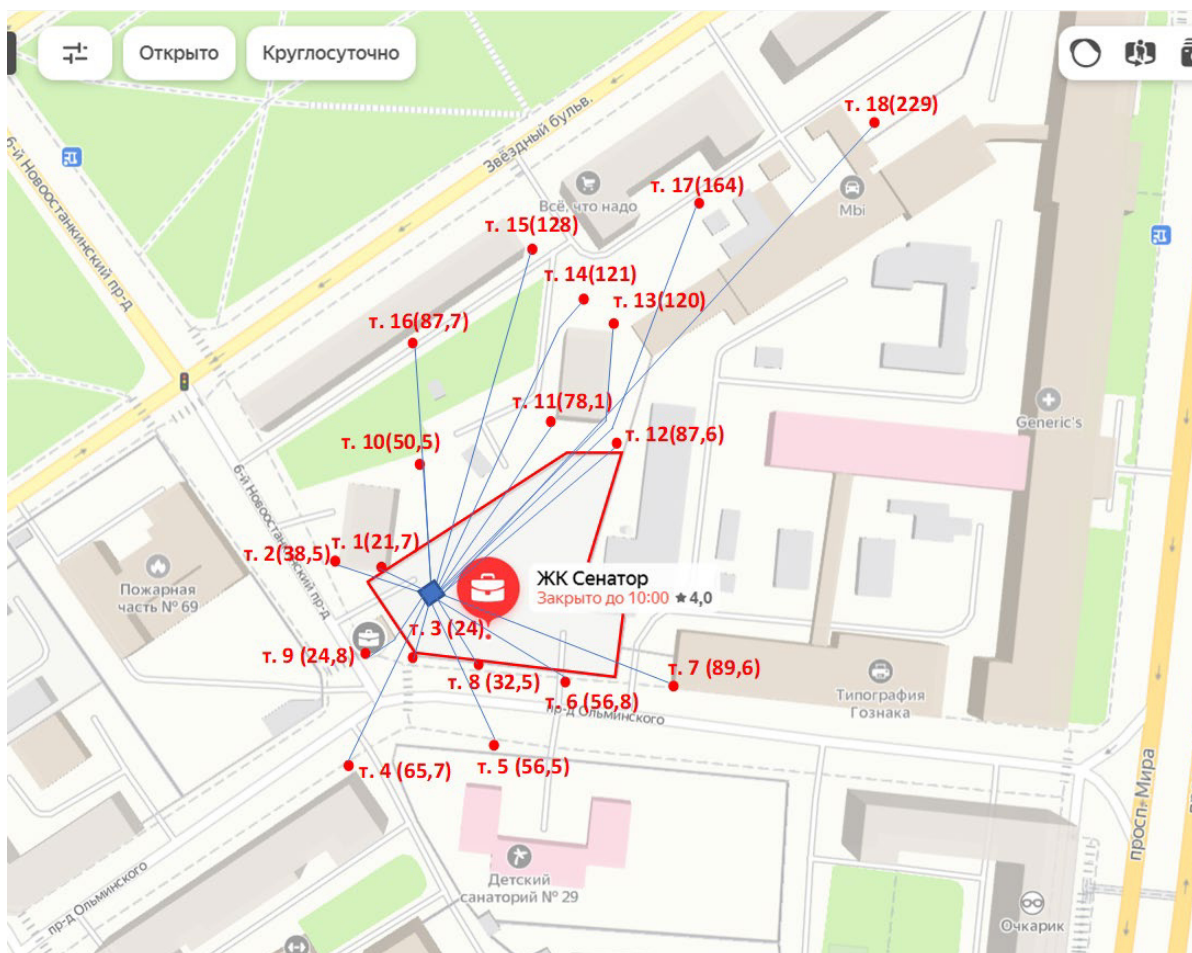


Рисунок 3. Точки замеров вокруг ЖК «Сенатор»

На рисунке. 3 показана ситуационная схема жилого района Алексеевский, а также указаны: контур стройплощадки, расположение крана у здания (синий прямоугольник), рядом с точками в скобках указано расстояние от точки до крана.

Результаты

При анализе показаний прибора автором не учитывались показания уровня звука от проезжающего автотранспорта, разговора прохожих, звука животных и других посторонних звуков.

В таблице 1 отражены результаты проведенных замеров уровня звука в каждой точке.

Таблица 1.

Результаты проведенных замеров уровня звука

Наименование замера	Время проведения замера	L_{oAmin} , дБА	L_{oAmax} , дБА	L_{oA} , дБА	L_{oC} , дБА
Точка №1	19:21-19:23	51	68.3	55.5	81.3
Точка №2	19:26-19:31	52.3	67.6	54.5	70.2
Точка №3	19:33-19:35	56.2	63.6	59.6	70
Точка №4	19:37-19:40	54.1	71.5	57.7	76.8
Точка №5	19:41-19:43	56.8	69.4	64.2	79.8
Точка №6	19:44-19:46	54.6	64.4	58.2	71.1
Точка №7	19:48-19:50	54.7	62.6	55.3	72.1
Точка №8	19:53-19:54	56.5	69.8	63.1	70.5
Точка №9	19:55-19:56	56.6	63	60	71.6
Точка №10	19:56-19:57	47.9	72	59.8	74.4
Точка №11	20:00-20:02	48.2	68.9	50.5	73.6
Точка №12	20:04-20:06	50.3	72.9	54.6	75.6
Точка №13	20:07-20:08	53.9	59	57.5	74
Точка №14	20:10-20:11	49.5	63.2	54.7	70
Точка №15	20:12-20:14	52.2	56.1	53.2	71.1
Точка №16	20:16-20:17	49.9	54.6	50.8	76.8
Точка №17	20:22-20:24	50.1	52.1	51	65.5
Точка №18	20:28-20:29	49.9	53.2	52.1	66.8

Примечания, записанные автором во время исследования:

Для точки 1. Уровень фонового звука составляет 56,8 дБА, когда начинает работать кран – эквивалентный уровень звука повышается до 65,3 дБА, максимум составил 81,3 дБА.

Для точки 2. Эквивалентный уровень звука от молотка – 68,2 дБА; от проезжающей машины (место у дороги) – 72,7 дБА.

Для точки 3. Эквивалентный уровень звука от проезжающей машины – 69,8 дБА; от молотка – 60,2 дБА; когда что-то роняют – 63,8 дБА.

Автор отмечает, что уровень звука от стройки в случае точек 4 и 5 соразмерен с уровнем звука от рядом расположенной автомагистрали, таким образом для жилых домов и образовательных учреждений шум от рядом расположенной стройки через автомагистраль оказывает минимальное воздействие.

В соответствии с п. 100 СанПин 1.2.3685-21 на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам, допустимый уровень звука L_A для источников постоянного шума = 55 дБА, для источников непостоянного шума эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$ = 55 дБА, максимальный уровень звука $L_{Aмакс}$ = 70 дБА.

Анализ результатов полученных замеров представлен в таблице 2, где красным цветом обозначено превышение ПДУ по двум показателям.

Таблица 2.

Анализ результатов полученных замеров

Нормируемые параметры, дБА		-	70	55	-
Наименование замера	Время проведения замера	L_{oAmin} , дБА	L_{oAmax} , дБА	L_{oA} , дБА	L_{oC} , дБА
Замер №1	19:21-19:23	51	68.3	55.5	81.3
Замер №2	19:26-19:31	52.3	67.6	54.5	70.2
Замер №3	19:33-19:35	56.2	63.6	59.6	70
Замер №4	19:37-19:40	54.1	71.5	57.7	76.8
Замер №5	19:41-19:43	56.8	69.4	64.2	79.8
Замер №6	19:44-19:46	54.6	64.4	58.2	71.1
Замер №7	19:48-19:50	54.7	62.6	55.3	72.1
Замер №8	19:53-19:54	56.5	69.8	63.1	70.5
Замер №9	19:55-19:56	56.6	63	60	71.6
Замер №10	19:56-19:57	47.9	72	59.8	74.4
Замер №11	20:00-20:02	48.2	68.9	50.5	73.6
Замер №12	20:04-20:06	50.3	72.9	54.6	75.6
Замер №13	20:07-20:08	53.9	59	57.5	74
Замер №14	20:10-20:11	49.5	63.2	54.7	70
Замер №15	20:12-20:14	52.2	56.1	53.2	71.1
Замер №16	20:16-20:17	49.9	54.6	50.8	76.8
Замер №17	20:22-20:24	50.1	52.1	51	65.5
Замер №18	20:28-20:29	49.9	53.2	52.1	66.8

Согласно анализу полученных результатов исследования обнаружено превышение ПДУ для показателя уровня звука L_{oA} и L_{oAmax} квартала жилого района Алексеевский г. Москвы, а также:

➤ обнаружено превышение ПДУ для показателя L_{oA} для точек 1-10, 12-14, а также превышение ПДУ для L_{oAmax} для точек 1, 2, 5, 8, 11, 12. Дельта превышения ПДУ для измеряемых показателей лежит в диапазоне от 0 до 8 дБА;

- одновременное превышение ПДУ звука происходит в непосредственной близости к границам стройки, а также у стен ближайших жилых зданий, обращенных к стройке;
- в т. 3,5,8-10 зафиксирован эквивалентный уровень звука около 60 дБА, по причине работы отбойного молотка, а также строительного крана;
- в т. 4 также зафиксировано превышение ПДУ - рядом располагается развязка дорог, которая является источником постоянного фонового шума;
- в т. 16 не зафиксировано превышение ПДУ по причине встречающихся на пути движения звуковых волн деревьев;
- в т. 17 и т. 18 нет превышения ПДУ, это объясняется большим расстоянием от источника шума, равным 164 метров и 229 метров соответственно, а также наличием одноэтажных зданий на пути движения звука.

Выявлен принцип влияния ведущейся стройки ЖК «Сенатор» на окружающую жилую застройку: одновременное превышение ПДУ для максимальных и эквивалентных уровней звука происходит в непосредственной близости с границами стройки, а также у стен ближайших жилых зданий, обращенных к стройке. В т. 5, 8, 9, 10 зафиксировано максимальное превышение ПДУ для эквивалентного уровня звука, причиной этому являются постоянные строительные работы с использованием отбойного молотка в этой части территории стройки, а также установка стационарного строительного крана. В т. 4 также зафиксировано превышение ПДУ для эквивалентного уровня звука: рядом располагается широкая магистраль и развязка дорог, которые являются постоянным шумом. В т. 16 не зафиксировано превышение ПДУ по причине встречающихся на пути деревьев. В т. 17 и т. 18 также не было зафиксировано превышение ПДУ, это объясняется большим расстоянием от источника шума, равным 164 метров и 229 метров соответственно, а также наличием одноэтажных зданий на пути движения звука.

Анализируя рисунок 3 – можно разделить условия окружения точек измерения на 4 группы: 1) где нет преград у точек измерения (т.

7,10,11,15,16,17,18); 2) где есть преграды в виде забора (т. 1,3,6,8,12); 3) где есть преграды в виде здания (т. 2,9,13,14); 4) где есть преграды в виде дороги (т. 4,5). Для дальнейшей работы были использованы полученные показания уровня звука в точках 1, 4, 10 и 14. Результаты измерения в точках 1, 4, 10, 14 сведены в таблицу 3.

Таблица 3.

Результаты измерения в точках 1, 4, 10, 14

		Наименование замера, время проведения, длина пути			
		Изм. №1 19:21- 19:23 21,7 м	Изм. №4 19:37-19:40 65,7 м	Изм. №10 19:56- 19:57 50,5 м	Изм. №14 20:10-20:14 121,0 м
Значение №	Измеряемый параметр L _{оА} , дБА				
1	53.6	54.1	63.3	59.4	
2	51.5	55.3	67.0	58.8	Работа молотка
3	55.9	55.7	63.3	55.1	
4	51.0	56.6	61.3	54.9	Работа молотка
5	51.5	54.9	64.1	55.2	
6	52.6	55.6	71.4	54.6	
7	53.7	56.2	57.7	55.1	
8	53.6	56.3	47.9	55.2	
9	54.2	57.4	51.6	55.1	
10	54.6	55.8	54.6	54.9	
11	54.8	55.7	56.7	54.8	
12	55.1	56.4	57.9	54.9	
13	55.3	55.7	58.1	55.1	
14	56.2	55.0	58.4	55.2	Работа подъемника
15	55.7	56.1	59.4	55.4	

	16	55.8	56.7	60.2	55.8	
	17	55.1	56.4	60.8	55.2	
Работа молотка	18	54.8	55.9	60.2	55.0	
	19	63.3	55.8	60.1	55.1	
Работа молотка	20	64.9	58.7	60.6	54.9	
	21	62.2	58.4	65.1	55.8	
	22	57.3	65.2	67.2	54.9	
«Скрежет»	23	61.9	67.4	66.9	55.1	Работа молотка
	24	54.8	62.1	68.1	54.8	
Работа молотка	25	52.8	57.2	69.1	55.8	
	26	59.4	56.8	72.0	55.3	
	27	53.1	55.9	55.1	54.3	
	28	52.1	56.1	53.2	62.1	
	29	52.5	55.5	51.0	63.2	Работа молотка
Работа молотка	30	52.8	59.5	53.2	62.8	
	31	52.6	65.1	55.9	55.1	
	32	53.5	64.8	56.9	54.9	
	33	52.4	69.0	58.2	55.2	
	34	53.8	58.1	58.6	54.8	
	35	52.7	56.2	59.2	54.6	
Падение предмета	36	52.7	58.1	59.9	54.7	
	37	53.7	71.5	58.7	54.6	
	38	59.9	56.1	59.1	55.0	
Падение крупной конструкции	39	68.3	55.8	58.9	51.3	
	40	58.1	56.4	59.3	51.1	
	41	55.2	56.0	62.9	51.2	
	42	55.1	56.1	61.1	50.8	
	43	56.1	56.0	62.3	50.4	
	44	54.7	55.1	61.2	50.2	

Шум молотка	45	54.6	54.9	61.2	49.5
	46	54.5	55.5	60.2	51.2
Падение предмета	47	63.4	58.1	57.2	51.6
	48	54.7	55.6	56.2	51.8
	49	54.5	55.6	52.7	51.1
	50	53.8	55.6	53.2	50.9
	L _{оА} экв, дБА	55.5	57.7	59.8	54.7

Результаты измерения уровня звука в т.1, 4, 10, 14 для сведены в график на рисунке. 4.

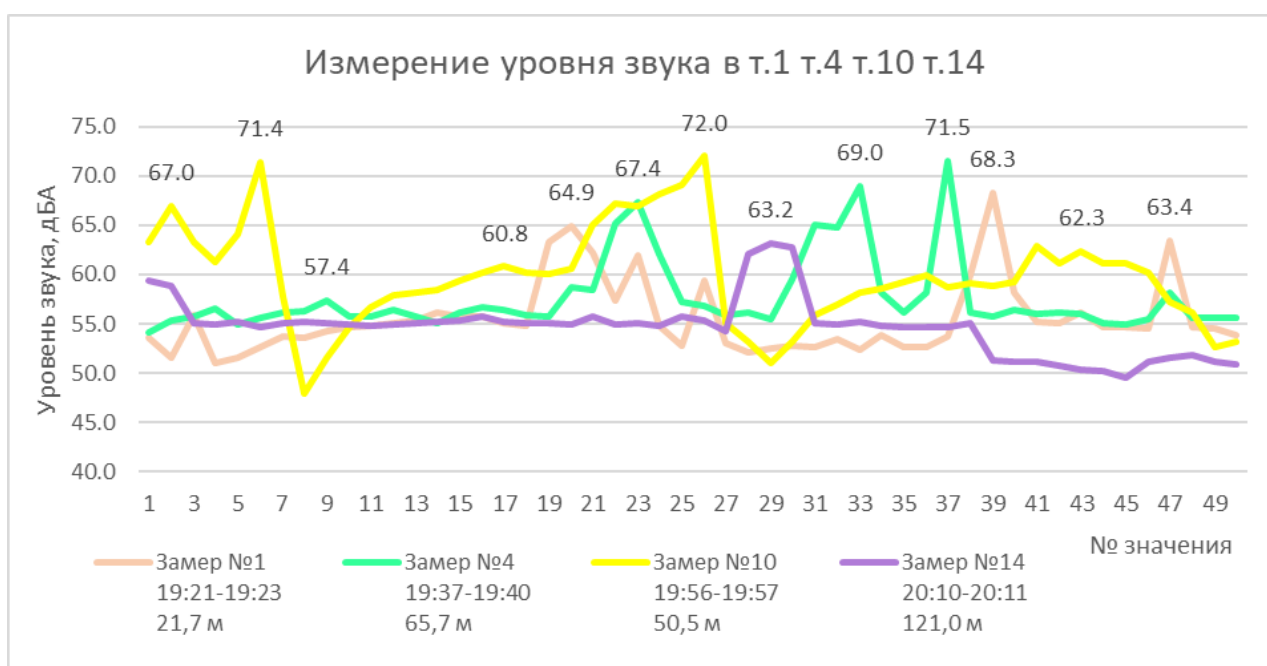


Рисунок. 4. График шумового воздействия стройплощадки ЖК «Сенатор» на квартал в районе Алексеевский

Таким образом, выявлена тенденция изменения уровня звука на стройке:

- работа молотка увеличивает уровень звука в среднем на 5-10 дБА, в редких случаях даже на 13 дБА;
- работа подъемника увеличивает уровень звука на величину до 3 дБА;
- шум от падения маленького предмета увеличивает уровень звука на 1 дБА; от падения большого предмета на величину до 9-13 дБА.

Согласно рисунку 4, выявлено превышение ПДУ уровней звука в т.4 и в т.10. Данные точки находились через дорогу от стройплощадки ЖК «Сенатор» и на открытой местности. При увеличении расстояния - уровень звука от стройки уменьшается за счет его поглощения расположенными на пути жилыми домами, зелеными насаждениями и строительным ограждением.

Автомагистраль создает сопоставимый с стройплощадкой шум, оказывающий одинаковый эффект на слушающего, поэтому шумовое загрязнение от строительных работ ЖК «Сенатор» для жителей района через дорогу от стройплощадки оценивается как «минимальное».

Эквивалентный уровень звука от данной стройки колеблется в радиусе 55 дБА, поэтому существенного превышения ПДУ не происходит. Для поддержания репутации Застройщика, а также с целью устранения превышения ПДУ по максимальному уровню звука возможно использование шумозащитных мероприятий.

Предлагается внедрение следующего мероприятия - шумоподавление по принципу наушников.

Принцип установки прибора:

1. Прибор закрепляется либо у источника шума (с предварительными расчетами по распространению звука от источника до ближайшего жилого дома, как вариант – при включении срабатывает одноразовый спутниковый сигнал для уточнения локации, чтобы программа внутри сама автоматически пересчитала ПДУ от источника, который с расстоянием по естественным причинам уменьшается, но на малую часть), программа должна будет давать импульсы звука в той-же частоте, но в обратной фазе, таким образом, звук будет гаситься;

2. Прибор закрепляется на лицевой к стройке стороне здания, на которое происходит шумовое воздействие с превышением ПДУ, устройство будет работать по этому же принципу на самом здании, но настройки расстояния не будет, звук будет подавляться в моменте.

Все это должно устанавливаться в соответствии с расчетами по экономической целесообразности, отражающим местоположение, необходимое количество приборов, тип прибора по силе подавления.

Принцип работы прибора: звуковая волна отзеркаливается, затем направляется на исходную — и волны компенсируют друг друга «в ноль».

На данный момент существует разработка прибора для подавления шума диапазоном действия 10 м³, которым занимался Павел Аполлинарьевич Довгерд. Ученым был запатентован прибор под номером RU2545462C2.

Описание системы из патента № RU2545462C2:

«Система активного шумоподавления с ультразвуковым излучателем состоит из микрофона, аналого-цифрового преобразователя, устройства обработки полученного сигнала, цифроаналогового преобразователя, ультразвукового излучателя, генератора высокочастотного излучения со смесителем, широкополосного усилителя, акустического фильтра. При этом генератор и смеситель расположены между устройством обработки сигнала и цифроаналоговым преобразователем, а усилитель мощности своим входом соединен с выходом цифроаналогового преобразователя, выход усилителя соединен с пьезоэлектрическим преобразователем, выход преобразователя соединен с входом акустического фильтра. Технический результат - расширение спектра излучаемых частот». Схема прибора представлена на рисунке 5, в которой:

- 1 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- 2 – устройство обработки сигнала;
- 3, 4 – генератор высокочастотного излучения со смесителем;
- 5 – цифроаналоговый преобразователь (ЦАП);
- 6 – усилитель мощности;
- 7 – ультразвуковой излучатель;
- 8, 9 – акустический фильтр сверхвысоких частот.

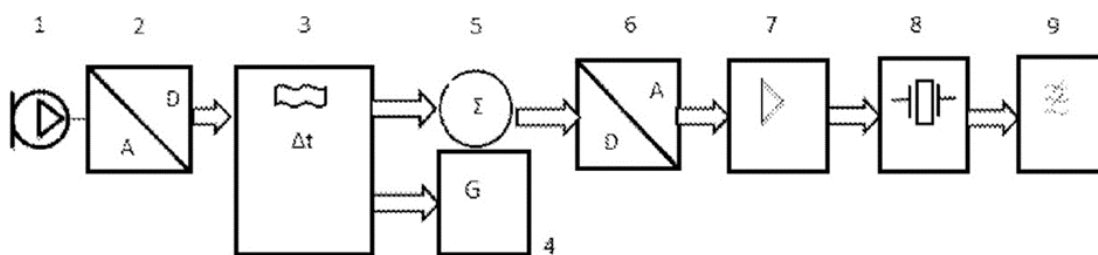


Рисунок 5. Схема прибора из патента № RU2545462С2

Автор предлагает использовать данный прибор для стройплощадки ЖК «Сенатор» следующим образом:

- в машинах стационарных – устанавливать прибор шумоподавления на самой машине;
- в машинах передвижных – устанавливать прибор в место въезда на стройплощадку, как ближайшее, откуда происходит шумовое загрязнение;
- для здания строительства – устанавливать по периметру здания на каждом 3 этаже на фасадной части строящегося здания.

Схема расположения приборов шумоподавления представлена на рисунке 6.

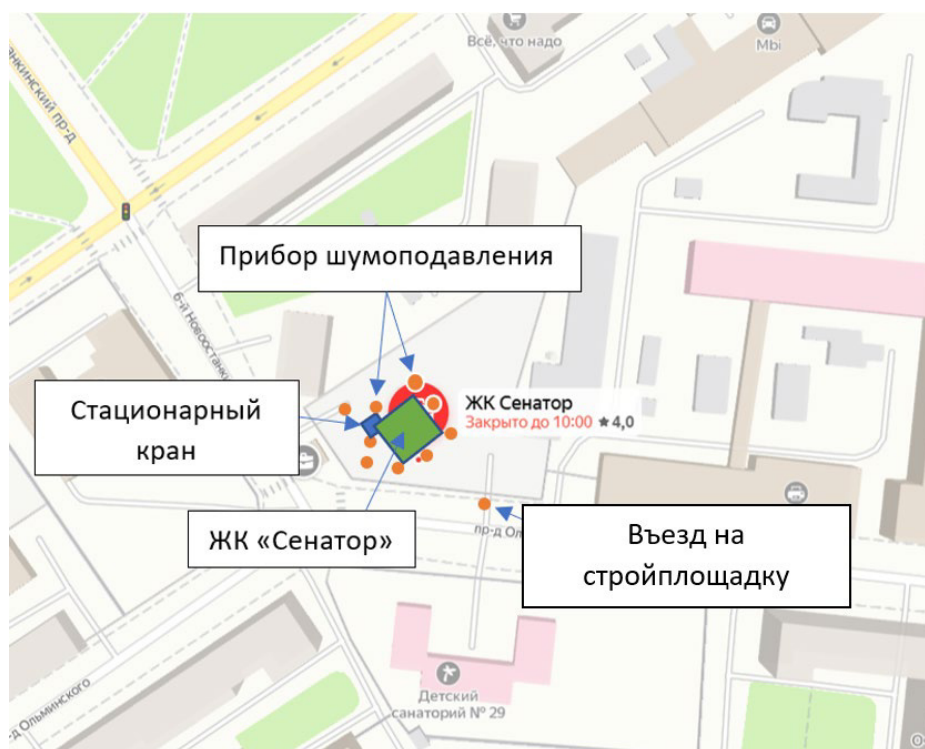


Рисунок 6. Схема расположения приборов шумоподавления

Таким образом, необходимо использовать 17 устройств шумоподавления:

- пять точек по периметру здания с учетом высоты здания – это 5 раз по 2 устройства (в сумме 10);
- две точки у крана по 2 устройства (в сумме 4);
- три устройства на территории стройплощадки: два на оборудование и одно на въезде стройплощадки (в сумме 3).

Заключение

Обнаружено превышение ПДУ для показателя уровня звука LoA и LoAmax квартала жилого района Алексеевский г. Москвы. Эквивалентный уровень звука от данной стройки колеблется в радиусе 55 дБА, поэтому существенного превышения ПДУ не происходит.

Выявлена тенденция изменения уровня звука на стройке: источники непостоянного шума на стройплощадке увеличивают показания уровня звука на 1-13 дБА, такими источникам является: работа отбойного молотка, крана, подъемных механизмов, падение конструкций, а также скрежет материалов друг об друга.

Для поддержания репутации Застройщика, а также с целью устранения превышения ПДУ возможно установление шумозащитного забора, способного поглотить от 5 до 15 дБА или предлагается возможным использование другого мероприятия – шумоподавление по принципу наушников, которое должно устанавливаться в соответствии с расчетами по экономической целесообразности, отражающим местоположение, необходимое количество приборов, тип прибора по силе подавления. В случае установки прибора шумоподавления – необходимо использовать 17 устройств шумоподавления по патенту RU2545462C2.

Библиография

1. Беляев Д.Ю., Бармин А.Н., Бармина Е.А. Современные исследования в науках о земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения /

Материалы II Международной научно-практической конференции. Астрахань. 2020 С. 215-218.

2. Гнатюк В. С. Анализ негативного влияния акустического загрязнения / Экологические чтения – 2014. Сборник трудов конференции. Омск. 2014. С. 213-219.

3. ГОСТ 31296.1-2005 (ИСО 1996-1:2003) Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки.

4. Евгеньевна Д. И. Эффективность шумозащитных сооружений / Идеи молодых ученых - агропромышленному комплексу: сельскохозяйственные науки. 2021. С. 90-95.

5. Загорская И. А. Анализ ведущих строек Санкт-Петербурга с точки зрения норм строительной акустики / Magazine of civil engineering №5. 2010. С. 44-48.

6. Каныбеков М. К., Грузин Д. П. Охрана труда на стройке / Актуальные проблемы науки. 2018. С. 245-250.

7. Карлович И. А., Чуканов А. К. Проблема шумового воздействия в экосистеме / XXXV Международная научно-практическая конференция: «Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации». 2021 С. 55-58.

8. Ковалева Т. И., Кривко Е. В. Проектирование экранов для снижения транспортного шума на территории населенного пункта / Материалы 61-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ. 2021. С. 27-35.

9. Косовская М.А., Ленивенко Н.Н., Лямина Н.В. Оценка степени защиты от акустического загрязнения примагистральных районов г. Севастополя / Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019. С. 829-833.

10. Луговская А. Ю., Анопченко Л. Ю.. Зеленые насаждения как метод защиты от шума на урбанизированных территориях / Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. С. 119-123.

11. Николаевна К. В. Об экологических проблемах в городских условиях / Сборник научных трудов 2-й Всероссийской конференции (20 ноября 2020 года). 2020. С. 149-152.
12. Николаевна П. Л. Эффективность мероприятий по снижению шума в городское среде, разрабатываемых при проектировании / Градостроительство / Town-planning. 2019. С. 27-30.
13. Романов Н. В., Пегин П. А., Жуковский Е. М. Применение акустических звукоизоляционных материалов в шумозащитных экранах на дорогах общего пользования / VIII Всероссийская научно-исследовательская конференция с международным участием "Защита от повышенного шума и вибрации". 2021. С. 1-6.
14. Рудакова В. В., Межевикин М. А. Опыт применения шумозащитных экранов из композитных материалов в России и за рубежом / Сборник научных трудов МАДИ «Изыскание и проектирование дорог». 2021. С. 24-31.
15. Си-Ай-Эс, Компания Энвайрон. Оценка воздействия на окружающую и социальную среду для системы транспорта нефти Даниловского НГКМ. 2011. С. 1-270.
16. Цаплиenkova А. Е., Ляпина С. А., Вечканова Н. А., Шулигина И. В. Шумовая нагрузка в среде жизнеобитания населения г. Саранска и её влияние на здоровье / XLVIII Огаревский чтения. 2020. С. 401-406.

ВНЕДРЕНИЕ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ПРОГРАММЫ СОВЕТА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

Козлова Е.А., Ассоциации «Совет по экологическому строительству»,
Москва, г. Москва

Мохов А.И., НИУ МГСУ, г. Москва

Афанасьева А.А., НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

В статье приведено описание практического использования Университетской программы Ассоциации «Совет по экологическому строительству», внедренной по договору о совместной деятельности с Воронежским государственным техническим университетом. Рассмотрены отличия Университетских программ некоммерческих организаций от программ, формируемых для ВУЗов со стороны коммерческих структур. Показаны возможности применения программы для продвижения научных разработок университета.

Annotation

The article describes the practical use of the University Program of the Association "Council for Ecological Construction", implemented under the agreement on joint activities with the Voronezh State Technical University. The differences between University programs of non-profit organizations and programs formed for universities by commercial structures are considered. The possibilities of using the program to promote scientific developments of the university are shown.

Ключевые слова: инновационные проекты университета, университетская программа, экологическое строительство

Keywords: innovative university projects, university program, ecological construction

Введение

На сегодняшний день мировая строительная индустрия оказывает существенное воздействие на среду обитания человечества. Здания всего мира используют около 40% всей потребляемой первичной энергии, 67% всего электричества, 40% всего сырья и 14% всех запасов питьевой воды, а также производят 35% всех выбросов углекислого газа и чуть ли не половину всех твердых городских отходов. В связи с этим возведение зданий с использованием современных экологических технологий приобретает огромное значение и должно стать приоритетным по сравнению со строительством традиционных зданий, сооружений.

Основной целью Ассоциации «Совет по экологическому строительству» является создание, внедрение и применение норм и правил строительства, разработанных на основе мирового опыта и формируемых с учетом строительных, деловых, климатических, культурных и исторических особенностей Российской Федерации. Совет представляет собой некоммерческую организацию. Направленность деятельности Совета призвана повысить как эффективность экономики социальной сферы страны, так и экономики России в целом [1].

Совместно с партнерами, осуществляющими проекты строительства в России, Совет способствует внедрению рациональных, энергоэффективных и экологически безопасных технологий и методов проектирования, строительства и эксплуатации зданий с целью повышения качества жизни и обеспечения здоровья населения. Также Совет реализует образовательные и просветительские программы, призванные повысить информированность участников рынка и способствовать увеличению экологических проектов в Российской Федерации. Важным аспектом деятельности Совета по экологическому строительству становится его участие в образовательных мероприятиях высших учебных заведений. Такая деятельность Совета определена его руководством как Университетская программа. Для Совета по

экологическому строительству Университетская программа – новое направление деятельности, имеющая целью формирование устойчивого развития образовательного процесса в строительных университетах. Для ВУЗов целью вступления в Университетскую программу становится усиление устойчивой связи студентов-выпускников учебного заведения с представителями предприятий-работодателей. Для предприятий-работодателей участие в Университетской программе Совета по экологическому строительству – гарантированная подготовка будущего сотрудника предприятия к восприятию норм корпоративной социальной ответственности. Такая подготовка достигается за счет включения высоких социальных технологий (технологий «зеленого» строительства) в подготовку инженеров-строителей.

Материалы

Направление взаимодействия производственных организаций с ВУЗами, именуемое «Университетской программой» известно и применяется давно [2]. Примером такого взаимодействия с МГСУ может служить Университетская программа фирмы Кнауф. Интересы производственных организаций в таких программах понятны: в рамках прохождения практических работ при обучении студенты применяют материалы фирмы, используют разработанные фирменные технологии. Тем самым формируются навыки студентов, которые будет удобно применять в дальнейшей их профессиональной строительной деятельности, и, одновременно, обеспечивать продвижение технологий фирмы на рынке строительных технологий.

Особенностью Университетской программы Совета по экологическому строительству является обеспечение процесса передачи технологий строительных компаний – членов Совета организационно-техническим сопровождением, формирующим у студентов-выпускников ВУЗа навыки экспертизы ответственного применения технологий. Тем самым, Совет по экологическому строительству принимает участие в формировании

«эксплуатационной» кооперации² строительных компаний-членов Совета и строительных ВУЗов.

Основные направления развития Университетской программы Совета по экологическому строительству в России включает в себя следующие аспекты:

1. Открытие учебных лабораторий Совета в ведущих университетах России. Оказание помощи в формировании научно-информационных центров Совета на базе учебных лабораторий.

2. Формирование и развитие сети технических университетов, сотрудничающих с Советом. Организация и координация работ по созданию и внедрению новых технологий в учебный процесс.

3. Использование высокого научного потенциала университетов для разработки информации по продуктам (зеленым стандартам), продвигаемым Советом: (учебники, обзоры, статьи, презентации, справочная литература).

4. Активное участие Совета в широком спектре научно-технических мероприятий, регулярно организуемых в технических университетах (презентации, технические семинары, конференции, симпозиумы, выставки).

5. Разработка и реализация мероприятий по поддержке инициатив университетов по переводу их активности в режим самофинансирования:

- организация курсов по переподготовке специалистов в сфере строительства и архитектуры;

- организация платных курсов для углубленного изучения отдельных программ, рекомендуемых Советом студентами университетов;

- поддержка технических проектов, выполняемых университетами по заказам местной промышленности;



- выполнение проектов по заказам силами университетов;

- проведение сертификации силами университетов;

6. Открытие научно-исследовательских лабораторий Совета с активным привлечением к его работе специалистов университета.

² Эксплуатационная кооперация - добровольное объединение юридических лиц, организованное по принципу объединения их возможностей для реализации результатов совместно проведенных работ [3].

7. Оказание помощи в подготовке кадров высшей квалификации.

На рис.1 приведена инфографическая модель, описывающая взаимодействие участников Университетской программы Совета. Каждый участник имеет свою цель в реализации проектов, заложенных в Университетскую программу. Позиции таких специалистов, относящихся к предприятиям – членам Совета и ВУЗам – партнерам Совета представлены на рис. 1 фигурами  и  соответственно.

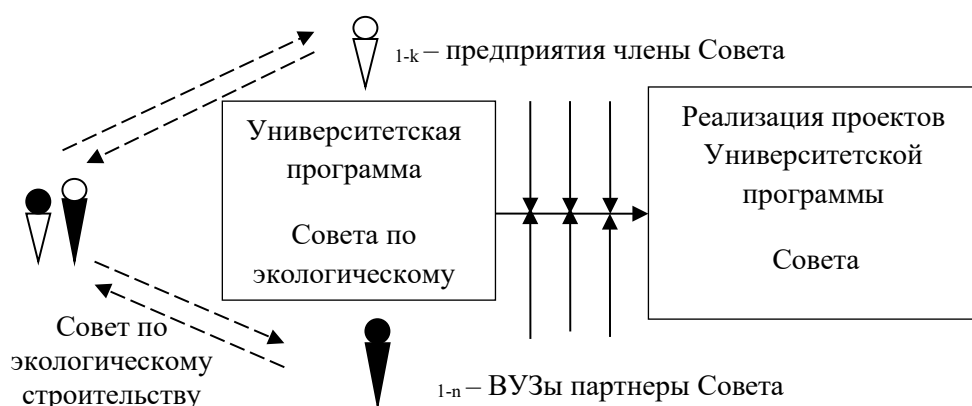




Рисунок 1. Инфографическая модель взаимодействия участников Университетской программы Совета

Фигурами  и  обозначены позиции специалистов Совета по экологическому строительству. Успешное согласование и достижение разнонаправленных целей участниками Университетской программы достигается формированием программы этими специалистами, обладающими компетенциями экспертов-координаторов.

Университетская программа составляется на основе использования следующих данных:

1. Данных анализа перспектив применения технологий «зеленого» строительства в России и за рубежом.
2. Данных анализа направлений продвижения стандартов экологического строительства в России.

3. Информации о перспективах применения будущими инженерами-строителями на практических занятиях учебных дисциплин бакалаврских и магистерских программ стандартов «зеленого строительства».

4. Информации о формировании у студентов ВУЗов потребности в мониторинге изменений норм стандартов экологического строительства, а также в производстве работ по созданию новых стандартов для строительной индустрии.

Результаты

Покажем в качестве примера работу Совета по экологическому строительству по договору с ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет (Опорный университет Воронежской области). В феврале 2022года университет был заключен договор о сотрудничестве³ с Ассоциацией содействия созданию и внедрению норм и правил экологического строительства «Совет по экологическому строительству». Такой договор позволяет опорному университету использовать не только международные связи Совета, но и применять нормы и ценности экологического строительства в переустройстве территории, интеллектуальной опорой которой он является. Согласно договору, сотрудничество в рамках настоящего Договора предполагается в следующих формах:

- осуществление совместных научно-исследовательских программ и проектов;
- формирование совместных временных научных коллективов для обоснования и выполнения научно-исследовательских работ;
- привлечение отдельных ученых и специалистов одной из Сторон к выполнению работ другой Стороны;
- разработка и реализация совместных образовательных программ;

³ Договор о сотрудничестве (№ КНЭП.1.2022 от «08» февраля 2022 г.

- проведение совместных научных и научно-методических конференций, семинаров, симпозиумов, «круглых столов», встреч и выставок, представляющих взаимный интерес и которые может проводить каждая из сторон;

- обмен научными сотрудниками для чтения лекций, повышения квалификации, проведения семинаров и консультаций;

- проведение производственных практик для обучающихся;

- обмен научно-технической информацией, документацией, литературой и библиографическими изданиями;

- подготовка и публикация совместных научно-технических журнальных статей, докладов и книг, являющихся непосредственным результатом сотрудничества в рамках настоящего Договора. Содержание сотрудничества и его организационные условия, включают:

- финансирование сотрудничества;

- использование результатов совместных научно-исследовательских работ;

- защиту интеллектуальной собственности;

- ответственность за достоверность информации, передаваемой друг другу в процессе сотрудничества;

- порядок эксплуатации научно-технических объектов и научного оборудования совместного пользования;

- условия командирования ученых и специалистов будут согласовываться непосредственно Сторонами на основе отдельных соглашений, договоров, контрактов.

Таким образом, была заложена основа территориального инновационного кластера. Первичными проектами для совместного продвижения стали: «Экологическое строительство и устойчивое развитие в ВГТУ совместно с Советом по экологическому строительству» и Образовательная программа дополнительного профессионального образования в сфере социального предпринимательства «Перспективное управление проектами».

Инфографическая модель, фиксирующая организационный механизм продвижения проектов ВГТУ путем согласования с инвесторами проектов, приведена на рис. 2.

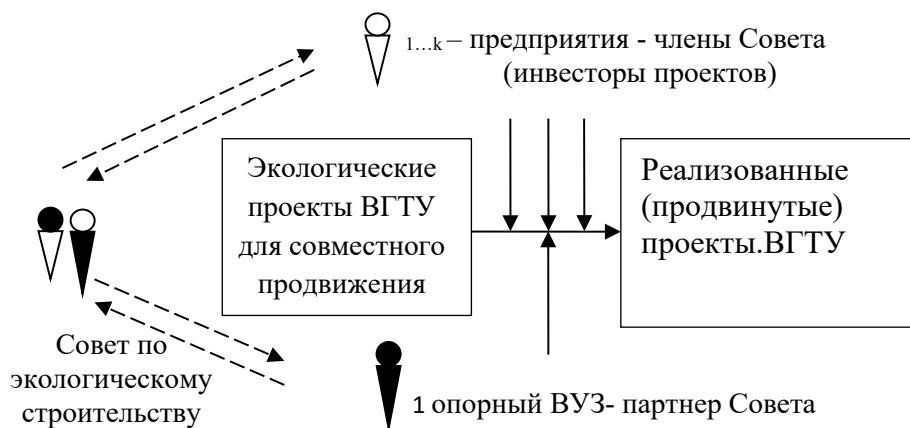


Рисунок 2. Инфографическая модель взаимодействия Совета по экологическому строительству и ВГТУ в рамках Университетской программы Совета.

Выбор экспертами экологических проектов ВГТУ для продвижения (реализации) осуществляется на основе:

1. Результатов анализа перспектив применения технологий «зеленого» строительства в России и за рубежом.
2. Результатов анализа направлений продвижения стандартов экологического строительства в России.
3. Результатов определения перспектив применения будущими инженерами-строителями на практических занятиях учебных дисциплин бакалаврских и магистерских программ стандартов «зеленого строительства».

Экспертиза определяется также целями всех участников Университетской программы в перечень этих целей были включены:

- развитие конкурентных преимуществ региона;
- разработка новых материалов и технологий для производства перспективной техники новых поколений;

- формирование научно-технического задела для выпуска конкурентоспособной, качественной продукции предприятиями-поставщиками;
- стимулирование инноваций и развитие механизмов коммерциализации технологий на основе сотрудничества между предприятиями, научными и другими образовательными организациями территории;
- содействие маркетингу продукции (товаров, услуг), выпускаемой предприятиями – участниками кластера и привлечению прямых инвестиций;
- повышение эффективности системы профессионального образования университета, на основе прогноза потребностей в квалифицированной рабочей силе.

Заключение

В заключении можно привести следующие выводы:

1. Университетская программа Совета по экологическому строительству в России определена как новое направление взаимодействия коммерческих организаций с ВУЗами, организуемое некоммерческой организацией.
2. Разработаны основные направления развития Университетской программы Совета по экологическому строительству в России.
3. Сформирована инфографическая модель взаимодействия участников Университетской программы Совета.
4. На примере договора о совместной деятельности Совета по экологическому строительству и Воронежского государственного технического университета показаны возможности применения Университетской программы к продвижению научных разработок образовательного учреждения.

Библиография

1. Третий сектор: экономика, формы повышения эффективности и продвижения инициатив сектора в государстве. Учебно-методическое пособие / Сост.: О.В Макаренко, М., ГУУ, 2002. 82с.

2. Мохов, А.И., Горбатенко, Д.Г., Павлов, А.П. Особенности реализации Университетских программ финансово-промышленных групп // Сборник научных статей «Прикладные проблемы экономики и управления народным хозяйством», под. ред. канд. техн. наук, профессора Бархатова В.Ю., докт. техн. наук, профессора Феоктистова Н.А. и др., Выпуск №1.– М.: НОУ ВПО ИГУПИТ, 2009. – С.311-314.

3. Мохов А.И., Степанова Е.О., Лукашов А.И., Мохова Л.А. Моделирование развития научных исследований в современном вузе на основе комплексотехники. Часть 2 // Умные композиты в строительстве: Том 2 № 4 (2021). –С.7-23.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Красова А.В., НГАСУ, г. Новосибирск

Смирнова О.Е., НГАСУ, г. Новосибирск

Аннотация

В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам экологической безопасности и охране окружающей среды. Утилизация осадка поверхностных сточных вод – является острой проблемой крупных городов, которая требует оперативного решения.

В статье рассмотрены вопросы эффективного применения техногенных отходов – осадков сточных вод в производстве строительных материалов, в частности бетона.

Annotation

Currently, more and more attention is being paid to environmental safety and environmental protection. Disposal of surface sewage sludge is an acute problem of large cities, which requires prompt solutions.

The article discusses the issues of the effective use of man-made waste - sewage sludge in the production of building materials, in particular concrete.

Ключевые слова

Зола, осадок сточных вод, бетон, заполнитель, вяжущее вещество, отходы

Keywords

Ash, sewage sludge, concrete, filler, binder, wastes

Введение

Анализ современных тенденций внедрения новых строительных технологий и материалов в развитых странах мира показывает, что основной инновационного развития отрасли в ближайшие 10-20 лет станут материалы и

технологии, полученные по результатам достижений и разработок в области нанотехнологий.

На сегодняшний день перспективными направлениями в строительстве является использование вторичного сырья и отходов, которое является наиболее важным для решения экологических задач. Изменение окружающей среды и экологические проблемы непосредственно связаны с ростом промышленного производства, увеличившимся только за XX столетие более чем в 50 раз.

Одними из многочисленных отходов являются осадки сточных вод, которые загрязняют почву, грунтовые воды и атмосферу, тем самым обостряют экологическую ситуацию. Громоздкие иловые отвалы – это очаг размножения патогенных микроорганизмов, насекомых и грызунов.

По ранее проведённому обзору литературных источников выявлено, что осадок сточных вод можно использовать в производстве строительных материалов в жидком, твердом и пастообразном состоянии [1].

По результатам патентного поиска применение золы осадка сточных вод в производстве бетона можно систематизировать, данные приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Применение золы осадка сточных вод в производстве бетона

Составляющая бетона	Вид строительного материала	Эксплуатационно-технический результат	Применение в строительстве	Ссылка на источник
Мелкий заполнитель для бетона	Золощелочной бетон	Повышение прочности бетона	Изготовление конструкций и изделий	[2]
	Жаростойкий золошлаковый бетон	Повышение жаростойкости бетона и одновременное упрощение процесса его получения	Изготовление конструкций и изделий из жаростойкого бетона	[3]
	Коррозионностойкий золощелочной бетон	Повышение коррозионной стойкости	Изготовление конструкций и изделий	[4]
	Кислотостойкий золошлаковый	Повышение кислотостойкого	Изготовления конструкций и	[5]

бетон	бетона при одновременном упрощении процесса его получения, снижение стоимости готовой продукции	изделий из кислотостойких бетонов	
Золощелочной бетон	Удлинение сроков схватывания и увеличение скорости набора прочности бетонной смеси при твердении в нормальных условиях	Изготовление монолитных строительных конструкций	[6]
Золошлаковый бетон	Повышение прочности, сокращение длительности технологического процесса	Изготовление конструкций и изделий	[7]
Неавтоклавный зольный ячеистый бетон	Повышение прочности ячеистого бетона без помола золы и автоклавирования изделий	Производство стеновых и теплоизоляционных материалов	[8]
Теплоизоляционный бетон с улучшенными защитными свойствами	Улучшение защитных свойств по теплоизоляции и по экологическим показателям за счет улучшения способности материала адсорбировать ионы тяжёлых металлов	Производство стеновых и теплоизоляционных материалов	[9]
Пенобетон	Повышение прочности при изгибе, повышение коэффициента звукопоглощения и уменьшение усадки при твердении	Производство стеновых и теплоизоляционных материалов	[10]
Лёгкий золобетон	Повышение прочности	Стеновые блоки повышенной прочности	[11]
Автоклавный золопенобетон	Снижение сорбционной влажности автоклавного золопенобетона	Изготовления изделий в промышленном и транспортном строительстве	[12]
Автоклавный золопенобетон	Понижение теплопроводности и повышенные экологические показатели	Изготовление изделий в промышленном и гражданском строительстве	[13]

Крупный заполнитель для бетона	Безобжиговый зольный гравий	Снижение насыпной плотности безобжигового гравия	Производство заполнителей для легкого бетона	[14]
Вяжущее вещество	Гидроактивированное композиционное зольное вяжущее	Повышение прочностных показателей, снижение себестоимости продукции, отказ от дополнительного введения добавок, сокращение режима тепловой обработки	Производство коррозионностойкого бетона, плотных и ячеистых силикатных бетонов и изделий на их основе с повышенными прочностными показателями	[15]
	Портландцементное вяжущее	Снижение энергозатрат без снижения прочности и без повышения деформации расширения	Производство различных бетонных и растворных смесей	[16]
	Легкие вспенивающие вяжущие вещества	Повышение прочности на сжатие при пониженной массе	Изготовления цементно-стружечных плит и композиции для получения легкого цементирующего вяжущего вещества	[17]

Материалы и методы

В ходе экспериментальных исследований были определены состав и свойства осадка поверхностных сточных вод.

В исследовании применяется осадок поверхностных сточных вод, который берется со вторичных отстойников.

Такой осадок находится в пастообразном состоянии обладает не очень выраженным неприятным запахом. Температура осадка 12–20⁰С.



Рисунок 1. Вторичный отстойник очистных сооружений

Исследование химического состава

Оценка содержания химических элементов проводили с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа (РФА ЭД) на спектрометре «M1 Mistral» (Bruker).

Качественный анализ образца золы выявил присутствие Ca, Ti, Mn, Rb, Sr, Zn, W и в большей степени Fe.

Определение потерь при прокаливании

Измерения проводились в соответствии с ГОСТ27800-93. Осадок сточных вод предварительно высушивался до постоянной массы. Результаты проведенных измерений приведены в табл.2.

Таблица 2.

Потери при прокаливании золы осадка сточных вод

№ пробы	Масса тары, г	Масса навески до прокаливания, г	Масса навески после прокаливания, г	Потери при прокаливании, %
1	31,640	105,839	102,991	3,82
2	34,172	103,430	100,747	3,87
3	30,002	90,138	87,778	3,92
Среднее значение				3,87

Определение минералогического состава

Осадки сточных вод образуются из поверхностных стоков, формирующихся из дождевых, талых и поливочных вод на застроенных территориях города и территориях промышленных предприятий. Загрязняющие вещества в поверхностных сточных водах можно разделить на 2 группы:

- частички пыли, песка, растворённые минеральные и органические вещества;
- соединения тяжелых металлов, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества. Исходя из этого, осадок состоит из органических и минеральных веществ, а также различных примесей и представляет собой влажную массу.

Минеральная часть осадков представлена в основном соединениями кальция, кремния, алюминия и железа. В осадках присутствует также ряд микроэлементов, таких как бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк. Известно, что повышенные концентрации этих элементов оказывают неблагоприятное воздействие на рост растений и качество сельскохозяйственной продукции и пагубно влияют на состояние окружающей природной среды [18].

В работе использовалась зола, полученная методом высушивания осадка сточных вод при температуре 110°C в течении 3 часов.

Для исследования минералогического состава золы осадка сточных вод проведён рентгеноструктурный анализ рис.2.

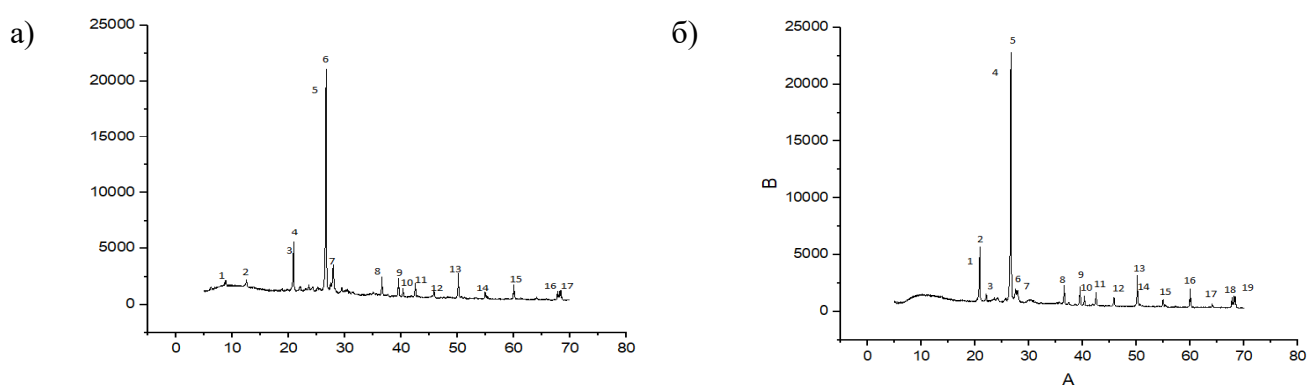


Рисунок 2. Дифрактограмма золы осадка сточных вод:

а – до прокаливания; б – после прокаливания

По результатам рентгеноструктурного анализа выявлено, содержание в золе осадка сточных вод преимущественно кварца, полевых шпатов и кальцита. Установлено, что минералогический состав после прокаливания не меняется.

Определение влажности

осадка

Измерения проводились в соответствии с методикой [19]. Для проведения исследований применялись: весы лабораторные общего назначения, сушильный шкаф с терморегулятором и термометром СНОЛ, чашка выпарительная, тара для взвешивания осадка. Метод измерений основан на весовом определении количества удалённой влаги при $t=110^{\circ}\text{C}$ из проб при

измерении влажности почв. Массовую долю влаги определяют как отношение массы воды, удалённой из исследуемой пробы высушиванием до постоянной массы, к массе влажной пробы.

В выпарительную чашку, предварительно подготовленную, наливалась хорошо перемешанная проба. Толщина слоя в чаше для выпаривания, 0,5 мм. Пробу ставят в сушильный шкаф и сушат при $t=110^{\circ}\text{C}$ в течении определённого времени в соответствии с табл.3. Пробу сушат до постоянной массы, если разность результатов двух последующих взвешиваний не превышает 0,02 г. Результаты проведённых исследований представлены в табл.3.

Таблица 3.

Измерение влажности осадка сточных вод

№ пробы	Масса тары с влажной пробой, г (m1)	Масса пробы, г (m)	Масса тары с сухой пробой, г (m2) / массовая доля влаги в пробе, % (X)		
			Через 1 час	Через 2 часа	Через 3 часа
1	1446	836	1296/17,94	1190/30,62	1182/31,58
2	1818	656	1646/26,37	1554/40,24	1550/40,85

Среднее значение массовой доли влаги 36,2%

Массовую долю влаги в пробе X, %, вычислялась по формуле (1)

$$X = ((m1 - m2) * 100) / m \quad (1)$$

где m1 – масса тары с влажной пробой, г;

m2 – масса тары с сухой пробой, г;

m – масса пробы, взятая на анализ, г.

Результаты измерений массовой доли влаги X, %, регистрируют до второго десятичного знака.

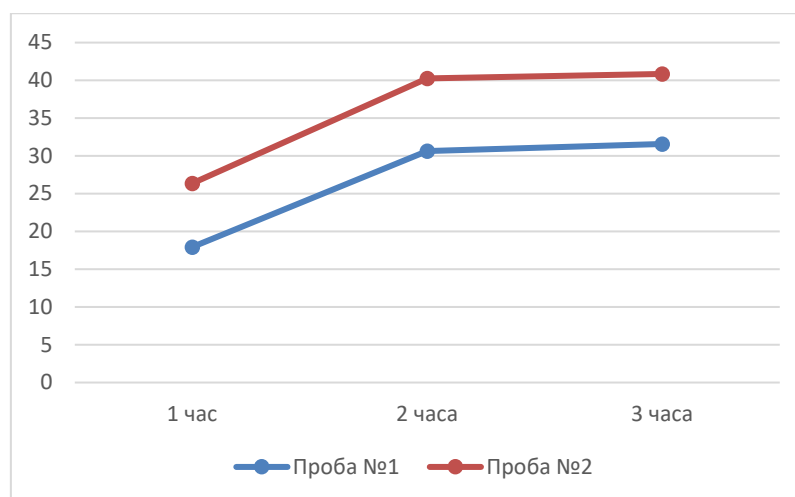


Рисунок 3. Зависимость потери влаги от времени, %

По результатам проведенных измерений выявлено, что основную массу доли влаги проба теряет в первый час сушки, далее потеря влаги идёт незначительно.

Результаты

1. По результату анализа литературных источников выявлено что золу осадка сточных вод можно использовать в производстве различных видов бетонов (жаростойкого, кислотостойкого, автоклавного, неавтоклавного, легкого, теплоизоляционного, ячеистого и др.), тем самым регулируя их эксплуатационно-технические характеристики. Зола осадка сточных вод в бетоне может применяться в качестве заполнителей (мелкого и крупного) и в качестве вяжущих веществ.

2. Качественный химический анализ золы выявил присутствие Ca, Ti, Mn, Rb, Sr, Zn, W и в большей степени Fe.

3. Установлено, что потери при прокаливании золы осадка сточных вод составляют 3,87%.

4. По результатам рентгеноструктурного анализа выявлено, содержание в золе осадка сточных вод преимущественно кварца, полевых шпатов и кальцита. Установлено, что минералогический состав после прокаливании не меняется.

5. По результатам измерений влажность осадка составляет 36,2%. Большее количество влаги проба теряет в первый час сушки и далее уменьшается. После двух часов сушки влага испаряется незначительно.

Заключение

Вопросом использования осадка сточных вод в производстве бетона занимались различные ученые.

Выявлено, что осадок сточных вод возможно применять в бетонах без снижения прочностных характеристик.

На сегодняшний день не приведено теоретических основ, нет технологических приемов по переработке осадков поверхностных сточных вод с учетом требований по экологической и химической безопасности производства строительных материалов с добавкой сточных вод. Эти факторы сдерживают применение осадков поверхностных сточных вод в промышленности строительных материалов.

Библиография

1. Смирнова О.Е., Красова А.В. Возможности применения осадков сточных вод в производстве строительных материалов/ О.Е. Смирнова// Труды международной научно-практической online конференции «Интеграция науки, образования и производства – основы реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12) 18-19 июня 2020 г. Часть 2/ Карагандинский государственный технический университет. - Караганда: Изд-во КарГТУ, 2020. – С.267-271

2. Патент RU 2 554 966 С2 Сырьевая смесь для приготовления золощелочного бетона./ Русина В.В., Корда Е.В., Корнеев Д.Н., Громова А.Н. Опубл. 10.07.2015 Бюл. № 19

3. Патент RU 2 374 200 С1 Сырьевая смесь для приготовления жаростойкого золошлакового бетона./ Русина В.В., Метляева А.В., Меркель Е.Н. Опубл. 27.11.2009 Бюл. № 33

4. Патент RU 2 554 967 C2 Сырьевая смесь для приготовления коррозионностойкого золощелочного бетона./ Русина В.В., Корда Е.В., Громова А.Н., Корнеев Д.Н. Оpubл. 10.07.2015 Бюл. № 19
5. Патент RU 2 329 987 C1 Сырьевая смесь для приготовления кислотостойкого золошлакового бетона./ Русина В.В., Грызлова Е.О. Оpubл. 27.07.2008 Бюл. № 21
6. Патент RU 2237639 C2 Способ изготовления золощелочной бетонной смеси для монолитных строительных конструкций./ Русина В.В., Подвольская Е.Н., Шихалеева А.А., Журавлева И.В. Оpubл. 10.10.2004 Бюл. №28
7. Патент RU 2 553 130 C2 Способ получения золошлакового бетона./ Русина В.В., Корда Е.В., Громова А.Н., Корнеев Д.Н., Оpubл. 10.06.2015 Бюл. № 16
8. Патент RU 2 134 250 C1 Способ получения неавтоклавного зольного ячеистого бетона./ Белов В.В., Ильмер Е.И., Карцева В.В. Оpubл.10.08.1999
9. Патент RU 2278848 C1. Теплоизоляционный бетон./ Л.Б. Сватовская, В.Я. Соловьёва, Е.В. Русанова, А.М. Сычёва, А.В. Хитров, Т.С. Титова. Оpubл. 27.06.2006, Бюл. №18.
10. Патент RU 2306300 C1. Смесь для пенобетона. / Л.Б. Сватовская, В.Я. Соловьёва, В.А. Чернаков, В.Н. Сурков, Д.В. Соловьёв. Оpubл. 20.09.2007, Бюл. №26.
11. Патент RU 2738072 C1. Сырьевая смесь для производства лёгкого золобетона./ Ю.Д. Смирнов, М.В. Сучкова, И.П. Сверчков, В.А. Матвеева. Оpubл. 07.12.2020, Бюл. №34.
12. Патент RU 2647712 C1. Автоклавный золопенобетон./ Л.Б. Сватовская, Е.В. Русанова, М. Абу-Хасан, А.М. Сычёва. Оpubл. 19.03.2018. Бюл. №8.
13. Патент RU 2256632 C1. Автоклавный золопенобетон./ Л.Б. Сватовская, В.Я. Соловьёва, Е.В. Русанова, А.В. Хитров, Т.С. Титова, В.Д. Мартынова, В.А. Чернаков. Оpubл. 20.07.2005, Бюл. №20.

14. Патент RU 2593509 C1 Состав смеси для получения безобжигового зольного гравия./ Жихарев А.А., Гилязидинова Н.В. Оpubл. 10.08.2016 Бюл. № 22

15. Патент RU 2 346 904 C2 Способ получения гидроактивированного композиционного зольного вяжущего./ Урханова Л.А, Хардаев П.К., Костромин Н.Н. Оpubл. 20.02.2009 Бюл. № 5

16. Патент RU 2 553 667 C1 Способ приготовления портландцементного вяжущего с добавлением высококальцевой золы теплоэлектростанций./ Овчаренко Г.И. Оpubл. 20.06.2015 Бюл. № 17

17. Патент RU 2595113 C2 Легкие вспененные вяжущие вещества на основе золы -уноса и способ их получения. / ПЕРЕЗ-ПЕНЬЯ Марианела (US). Оpubл. 20.08.2016 Бюл. №23

18. Федоровская Л.А., Углов В.А., Бородай Е.В. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод очистных сооружений города Новосибирска// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4-2. – С. 275-279;

19. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.58-08 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли влаги в твёрдых и жидких отходах производства и потребления, почвах, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях гравиметрическим методом».

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАССОВЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Левченко А. И., НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

В статье автором рассматривается проблема организации автоматизированной системы управления процессом изготовления пластиковых изделий из пластмассовых отходов методом литья под давлением. С середины прошлого века, согласно статистическим данным, как в России, так и в мире наблюдается рост производства и потребления полимерных изделий из пластика. Вместе с этим, так же растет количество соответствующих производственных и бытовых отходов, что порождает проблемы экологического характера. На основе этого возникла острая необходимость разработки и развития технологий переработки пластиковых отходов, включающих в себя в том числе внедрение автоматизированных систем управления. В статье приводятся основные виды отходов, подлежащие вторичной переработке методом литья под давлением, описание технологического процесса, параметры технологического процесса, подлежащие автоматическому контролю и управлению, технологические режимы литья с использованием гранулированных отходов, обзореваются актуальные технические решения и средства для организации автоматизированных систем управления литьем под давлением, к которым относятся современные измерительные приборы различных типов, регуляторы, исполнительные механизмы, роботизированные системы и промышленные логические контроллеры.

Annotation

In the article, the author considers the problem of organizing an automated control system for the process of manufacturing plastic products from plastic waste

by injection molding. Since the middle of the last century, according to statistics, both in Russia and in the world there has been an increase in the production and consumption of polymer plastic products. At the same time, the amount of relevant industrial and household waste is also growing, which creates environmental problems. Based on this, there was an urgent need to develop and develop technologies for processing plastic waste, including the introduction of automated control systems. The article presents the main types of waste to be recycled by injection molding, a description of the technological process, process parameters subject to automatic control and management, technological modes of casting using granular waste, reviews current technical solutions and tools for the organization of automated injection molding control systems, which include modern measuring instruments of various types, regulators, actuators, robotic systems and industrial logic controllers.

Ключевые слова: пластмассовые отходы, полимеры, литье под давлением, автоматизация, автоматизированная система управления, роботизация, автоматический контроль.

Keywords: plastic waste, polymers, injection molding, automation, automated control system, robotization, automatic control.

Введение

Начиная с 1950 года прошлого века, по всему миру, в том числе и в России фиксируется рост производства и потребления пластика. Согласно прогнозам, основанным на статистических данных, данные показатели продолжают стремительно расти и в будущем. Наглядно рост производства полимерных пластиковых изделий представлен на рис.1. Данная тенденция обусловлена прежде всего высокими эксплуатационными характеристиками, которыми обладает пластик относительно других материалов. Кроме того, большую роль играет универсальность применения пластмасс в самых разных сферах человеческой деятельности. Однако несмотря на некоторые преимущества, данный материал обладает существенными недостатками, из

которых можно выделить наиболее важный – очень долгий срок разложения. В среднем пластиковые изделия различного назначения, созданные человеком, разлагаются от 400 до 700 лет. При этом различные отходы, образуются уже на этапе их производства. Важнейшей технологией в производстве пластмассовых изделий является литье под давлением. Больше половины номенклатуры оборудования, применяемого в переработке полимеров, предназначено для литья под давлением. [4]. Суть данной технологии состоит в подаче расплавленного пластикового сырья, первоначально находящегося в гранулированном виде, под высоким давлением в специальную форму. При этом обязательным условием получения на выходе продукта надлежащего качества, особенно при использовании вторичного сырья, является наличие автоматизированной системы управления (далее АСУ), так как имеется множество параметров, которые необходимо строго контролировать. Таким образом на сегодняшний день проблема совершенствования автоматизированных систем управления процессом литья под давлением актуальна, и будет актуальной в ближайшей перспективе.

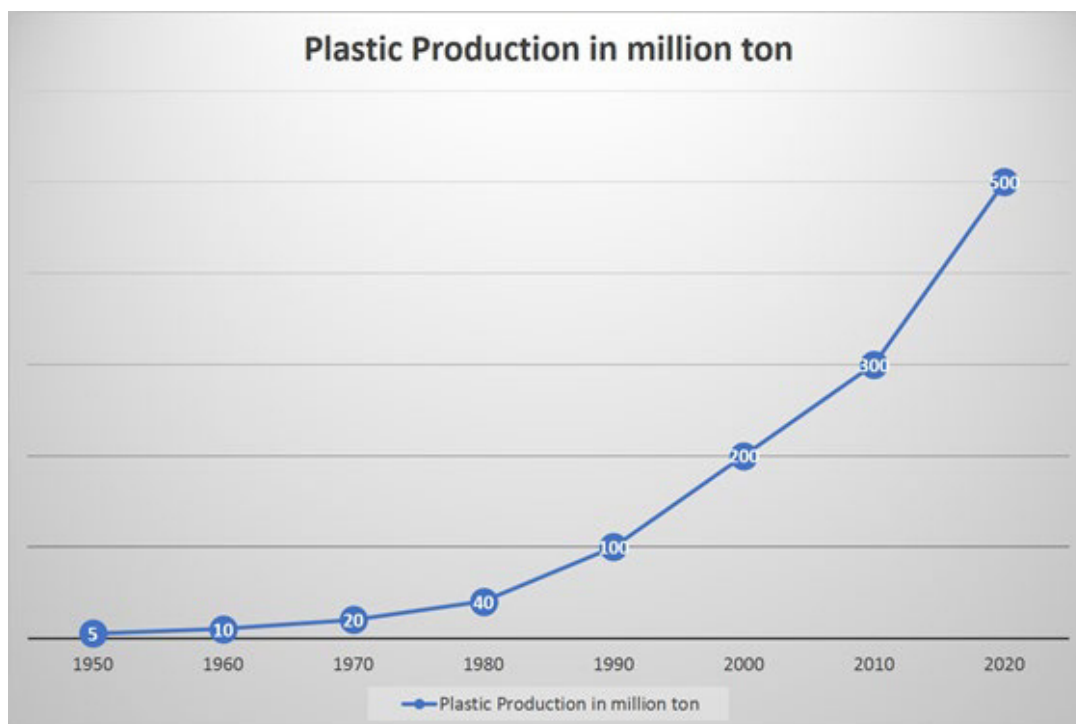


Рисунок 1. Рост производства пластика в мире

Материалы и методы

Методы переработки пластиковых отходов зависят от их происхождения и марки полимера. В частности, литьем под давлением проще всего перерабатывать технологические отходы, т.е. отходы производства, не подвергшиеся интенсивному воздействию световых лучей в ходе эксплуатации.

Не требуются сложные способы подготовки и для отходов потребления из ПЭВП (Полиэтилен высокой плотности) и ПП (Полипропилен), ввиду того, что с одной стороны изделия, которые производят из данных полимеров, также не претерпевают значительных воздействий вследствие своей конструкции и назначения (толстостенные детали, тара, фурнитура и т.д.), а с другой стороны – исходные полимеры более устойчивы к воздействию атмосферных факторов, чем ПЭНП. Такие отходы перед повторным использованием нуждаются только в измельчении и гранулировании. Отходы из ABS пластика так же возможно сразу использовать для производства новых изделий.

Намного больший интерес, с точки зрения экологии, представляет собой переработка методом литья под давлением отходов из ПВХ (Поливинилхлорид). ПВХ – это распространённый во всём мире синтетический полимер, который служит для изготовления упаковки, товаров повседневного пользования и широко применяется практически во всех отраслях промышленности. Практически подтверждено, что детали из вторичных ПВХ-отходов удовлетворительного качества возможно производить по пластизольной технологии. Весь включает в себя измельчение плёнок и листов, приготовление пасты ПВХ методом пластификации, формование новой детали методом литья под давлением. При изготовлении изделий, с применением пластмассовых отходов, все чаще и чаще применяют технологию многокомпонентного литья под давлением. Как и обычное литье под давлением, данный технологический процесс включает в себя следующие общие этапы:

- дозирование и сушка (При необходимости, зависит от условий хранения сырья);
- поступление материала в цилиндр литьевой машины;
- пластификация;
- впрыск под давлением в форму/несколько форм;
- смыкание формы и выдерживание в ней материала под давлением некоторое время;
- размыкание формы и извлечение готового изделия.

При этом в случае многокомпонентного литья в литьевую форму впрыскивается одновременно несколько полимерных материалов (Отходы и высококачественное сырье). Пластификация данных полимеров происходит в отдельных узлах термопластавтомата. Кроме того, иногда применяют не одну, а несколько форм. На выходе получают многослойные изделия, внутренний слой которых состоит из отходов, а наружный, как правило, из высококачественного сырья.

Результаты

Главное направление развития автоматизации литьевого производства на сегодняшний день — это проектирование гибких литейных комплексов, способных работать в автоматическом режиме и позволяющих с наибольшей эффективностью применять данную технологию для организации не только мелкосерийных, но и крупносерийных производств с более широким использованием пластиковых отходов.

Наиболее совершенный класс систем автоматического управления литьевыми машинами — самонастраивающиеся системы. Сущность таких систем заключается в том, что в каждом конкретном случае формования деталей для стабилизации их свойств выбирается наилучший вариант компенсации или регулирования параметров формования (путем изменения давления, температуры, объемной скорости впрыска или двух-трех параметров вместе взятых).[1] Для контроля уровня гранулированного сырья в

загрузчиках и бункерах ТПА применяются различные датчик уровня. Они бывают мембранные, вибрационные и емкостные. Применительно к процессу литья по давлению, наибольшее распространение получили емкостные датчики, ввиду своей небольшой цены и высокой надежности.

Другой важный параметр, который необходимо контролировать – это давление. По величине давления в области наконечника шнека можно судить обо всем технологическом процессе в целом. По причине быстрого изменения значений давления в качестве датчиков давления в основном используются пьезоэлектрические преобразователи. [2] Главная их отличительная черта – возможность работы в агрессивной среде и при относительно высоких температурах.

Лидерами по производству датчиков давления для ТПА являются такие компании, как «Dynisco», «Gneuss», «Gefran», «ISI» и «GP:50».

Для автоматизации ТПА с гидроприводом, в частности для измерения расхода и давления масла, так же применяются соответствующие датчики. Их производят как зарубежные, так и многие российские компании. В ТПА с электроприводом, целесообразно применять в составе АСУ энкодеры и преобразователи частоты. За счет плавного регулирования оборотов электродвигателя таким образом можно добиться от 36 до 40% экономии электроэнергии.

Наиболее важным технологическим параметром для предотвращения деформации изделий из-за нестабилизированной усадки, является термостатирование пресс формы. [5] По этой причине в термопластавтоматах, как правило, присутствует система охлаждения. Так как в системах, предназначенных для охлаждения пресс-форм и других частей ТПА, в качестве хладагента чаще всего выступает вода, то для контроля ее температуры и давления в системе также применяют специальные датчики. Существует много разновидностей, но наибольшее распространение получили приборы с термопарами и терморезисторами в качестве первичных измерительных элементов. Для получения информации о положении шнека в определенный

момент времени, в системах автоматизации литейного процесса используют, как правило, концевые выключатели. При достижении шнеком определенной координаты, концевой выключатель передает соответствующий токовый сигнал на контроллер управления. Производят данные измерительные приборы очень часто те же компании, что и сами термопластавтоматы вместе со всем остальным литейным оборудованием.

Особое место в АСУ занимает контур автоматического регулирования температуры расплава материала в инжекционном цилиндре. Чаще всего, в качестве исполнительных механизмов для этой цели применяются трубчатые электронагреватели (ТЭНы). На рисунке 2 представлена схема системы автоматического регулирования температуры. Температура нагревателей 2 инжекционного цилиндра 3 позонно регулируется терморегуляторами 1 по сигналам от ЭВМ 7, поступающим через преобразователь 8. Используют терморегуляторы с пропорционально-интегрально-дифференциальным законом регулирования. Температура обогреваемых зон контролируется термодатчиками 4, сигналы которых через устройство согласования 5 и аналого-цифровой преобразователь 6 поступают на входы ЭВМ. Измеряемая при литье температура сравнивается с заданной, и в зависимости от значения рассогласования по разработанному алгоритму вычисляются откорректированные значения температур зон инжекционного цилиндра.[1].

В настоящее время вместо ЭВМ используются компактные промышленные логические контроллеры. Главный недостаток такой схемы управления – низкий срок службы исполнительных механизмов (контакторов, магнитных пускателей) за счет частых включений и выключений.

Современные термопластавтоматы поставляются производителями с уже интегрированными системами автоматического управления, которые включают в себя как контрольно-измерительные приборы, так и различные регуляторы и управляющие приборы. Однако в базовой комплектации нередко отсутствует автоматизация отдельных стадий процесса литья под давлением, например загрузки материала в бункер. Самое главное преимущество, которое даст

разработка комплексной автоматизации всего литейного производства – возможность получать данные и управлять термопластавтоматами и остальным оборудованием с одного рабочего места.

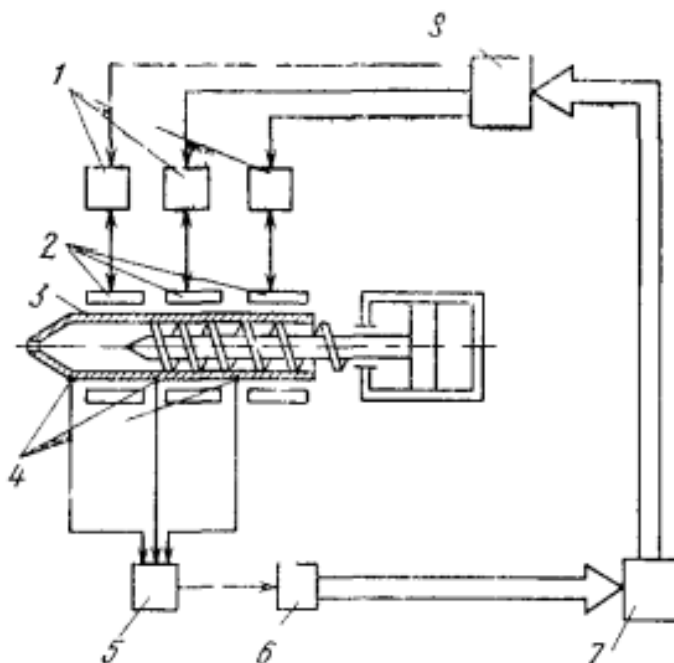


Рисунок 2. Схема системы автоматического регулирования температуры.

Это лишает оператора необходимости постоянно перемещаться по цеху и визуально контролировать панели управления ТПА. Еще одна тенденция мирового развития автоматизированных систем управления литьем под давлением – применение нейросетей для анализа информации, полученной от приборов контроля, установленных на ТПА. Это позволяет максимально оптимизировать технологические режимы производства.

Кроме систем автоматизации на основе контрольно-измерительных приборов, существуют целые роботизированные комплексы, предназначенные специально для выполнения некоторых операций технологического процесса литья под давлением. Ключевым отличием роботов от других машин считается «автономность»: робот способен интерпретировать среду, в которой находится, и адаптироваться под поставленные задачи. Роботы эволюционируют от запрограммированного автоматизма к полуавтономным и более автономным сложным системам. Полностью автономные системы могут действовать

самостоятельно. [7]

Промышленные роботы выполняют локальные транспортные операции, которым могут сопутствовать дополнительные технологические действия (удаление литников и кромок, нанесение на изделия товарных знаков, простейшие операции сборки и т.п.). [8]

Главная задача, выполняемая робототехническими комплексами на литейном производстве – сьем изделий из пресс – формы. Когда данную операцию выполняет человек, высок шанс получить травму при преждевременном контакте с изделием, так как оно может не до конца остыть. Кроме того, применение роботов снижает продолжительность технологического цикла и количество брака в процентном соотношении, что положительно влияет на экономические показатели производства. Промышленные роботы для литья под давлением бывают выполненными в линейном в варианте, и в варианте манипулятора. Манипулятор – это устройство для выполнения двигательных функций, аналогичных функция руки человека, при перемещении объектов в пространстве, оснащенное рабочим органом.[8] На рис.3 представлен внешний вид промышленного робототехнического комплекса FANUC LR-MATE 200ID/5L.



Рисунок 3. Внешний вид робота FANUC LR-MATE 200ID/5L

Роботы данного типа применяют для вытаскивания из пресс форм крупногабаритных изделий, таких, как например детали для автомобилей. Эта особенность вызвана чрезвычайно высокой грузоподъёмностью антропоморфных роботов – они могут поднимать изделия в среднем до 300 кг.

Второй тип промышленных роботов для литья полимеров под давлением – линейные (координатные) Линейные роботы состоят из неподвижной траверсы, которая жестко закрепляется за неподвижную плиту узла смыкания термопластавтомата. Второй вариант – это установка на специальную рамку, с подвижными перекрёстными направляющими. Причем одна из направляющих передвигается по неподвижной траверсе, другая — по подвижной направляющей. Получившийся таким образом робототехнический комплекс, имеет три степени свободы и позволяет осуществлять перемещение детали по трем координатам. Такая конструкция обладает потенциалом для модернизации, а именно – возможностью добавления дополнительных подвижных направляющих. В результате получают 4-6-осевые роботы. Дополнительные направляющие применяются в случаях, при которых для вытаскивания и перемещения изделия роботу необходимы сложные пространственные манипуляции с нелинейными траекториям, или когда необходимо кроме транспортировки задать правильную ориентацию отлитому изделию на ленте транспортера.

Некоторые из самых простых по конструкции роботов могут обходиться одной, максимум двумя подвижными осями — к примеру, одна выполняет функции и поворота с введением захвата «за угол» формы и доставания изделия.[9] При этом, несмотря на простоту, подобные аппараты опционально могут быть укомплектованы ножами, предназначенными для разделения литника и получившейся отливки. В линейных роботах для осуществления перемещений относительно неподвижной оси используются высокоточные сервоприводы. Для выполнения плавного движения по захвату применяют пневматические цилиндры с изменяемыми линейными скоростями перемещения. В результате вероятность повреждения изделия манипулятором

при захвате и извлечении из пресс-формы уменьшается. Внешний вид линейного промышленного робота KR80I компании Kuka представлен на рис.4.



Рисунок 4. Внешний вид линейного робота KR80I компании Kuka

Дальнейшее развитие литьевых роботизированных комплексов предполагает создание полностью безлюдных технологий. Одна из причин этого — повышение требований к качеству и размерной точности изделий. Необходимый для этого технический уровень литьевого оборудования непрерывно повышается. Присутствие человека в такой ситуации оказывается не только малооправданным с экономической точки зрения, но и недопустимым с позиций неизбежности влияния случайных факторов, связанных с его вмешательством в ход технологического процесса [10].

Заключение

Вместе с ростом производства пластмассовых изделий и соответственно увеличением числа пластмассовых отходов, производимых в год, одновременное идет непрерывное совершенствование оборудования и технологической останки, прежде всего в направлении автоматизации, оснащении средствами контроля и управления, а также робототехническими средствами, способными частично или даже полностью заменить человеческий труд. Это положительно сказывается на темпах производства, условиях труда, и

технико-экономических показателях. Автоматизация и роботизация литья под давлением позволяет создавать производственные линии, на которых выполнение порядка 90% операций не требует непосредственного участия человека.

Библиография

1. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением. Расчет и конструирование. М.: "Машиностроение". 256 с., 1985 год.
2. Йоханнабер, Ф. Литьевые машины: справочное руководство: пер. с англ. / Ф. Йоханнабер ; под ред. Э. Л. Калинин. — СПб.: Профессия, 2010.
3. Лейкин, Никита Николаевич. Конструирование пресс-форм для изделий из пластических масс [Текст]. - Москва; Ленинград : Машгиз. [Ленингр. отд-ние], 1961. - 167 с.
4. Освальд Т., Тунг Л.-Ш, Грэмман П. Дж. Литье пластмасс под давлением; Профессия - Москва, 2006. - 712 с. 27.
5. Бихлер Мартин. Параметры процесса литья под давлением Demag Plastservice, 2001 г., 130 с.
6. Мэллой Р.А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением / пер. с англ. яз. под ред. В.А. Брагинского, Е.С. Цобкалло, Г.В. Комарова — СПб.: Профессия, 2006. — 512 стр., ил.
7. Keisner A., Raffo J., Wunsch-Vincent S. (2016) Robotics: Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property. Foresight and STI Governance, vol. 10, no 2, pp. 7–27.
8. Козырев, Юрий Георгиевич. Промышленные роботы : Справочник / Ю. Г. Козырев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1988. - 391,[1]
9. Козырев. Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов [Текст] : учеб. пособие / Ю. Г. Козырев. - М.: КНОРУС, 2011. - 312 с
10. Раскин, Е. Б. Предпосылки развития робототехники // Полимерные материалы. — 2005. — № 5 (71), 6 (72), 7 (73).

ЧИСЛЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Оганесян Е.С., РХТУ имени Д. И. Менделеева, г. Москва

Семенов А.Б., НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

Концепция устойчивого развития нуждается в использовании численных оценок и показателей для текущего и желаемого состояния биосферы, экосистем и занимаемых человеком территорий, а также для характеристики технологических, производственных, ресурсодобывающих процессов и других видов человеческой деятельности, в т. ч. строительной. На данный момент существует крайне мало численных критериев устойчивого развития; принятые Цели устойчивого развития (ЦУР) носят описательный характер и не предлагают методик численной оценки состояний и процессов на пути их достижения, а предложенный У. Ризом и М. Вакернагелем экологический след носит слишком общий характер и непригоден для оценки локальных процессов и видов деятельности, в т. ч. строительной. В докладе анализируется, какие материальные и энергетические потоки необходимо численно оценивать на этапе строительства, эксплуатации зданий и сооружений, а также демонтажа ранее построенных конструкций, какие показатели можно использовать для оценки и каким принципам необходимо следовать при разработке критериев для реализации концепции устойчивого развития в строительстве.

Annotation

Sustainable development needs numerical indicators to estimate current and desired state for the biosphere, ecosystems and territories used by human beings, as well as to characterize technological, mining, manufacturing processes and other types of human activity including construction. At the moment there are very few

numerical criteria for sustainable development; the Sustainable Development Goals are declarative in nature and do not offer any methods for numerical assessment for any states and processes on the way to achieve them, while the Ecological Footprint in global hectares offered by W. Reese and M. Wackernagel is too general and cannot be used to assess any local processes and activities including construction. The report analyzes which material and energy flows should be numerically assessed for the construction phase, the operation of buildings and structures, as well as for the dismantling of structures previously built; what indicators can be used for assessment and what principles should be followed when developing criteria for sustainable development implementation in construction.

Ключевые слова: строительство, устойчивое развитие, экологический и углеродный след, энергопотребление, выбросы CO₂, отходы

Keywords: construction, sustainable development, ecological and carbon footprint, energy consumption, CO₂ emissions, wastes

Введение

Определение устойчивого развития, данное Всемирной комиссией по окружающей среде и развитию во главе с Гру Брундтланд в отчете «Наше общее будущее» [13] в 1987 г., является общим и не предлагает каких-либо численных критериев для оценки устойчивости:

Устойчивое развитие – такой тип развития, при котором текущее поколение удовлетворяет свои потребности, не ставя под угрозу возможность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Цели устойчивого развития, принятые ООН в 2015 г., и индикаторы устойчивого развития [1], разработанные и используемые ООН и другими организациями, также носят описательно-декларативный характер, не являются исчисляемыми и не могут быть напрямую применены для оценки устойчивого развития в строительной отрасли, равно как и индикаторы институциональных аспектов устойчивого развития (планирование политик, международные

правовые инструменты, информационное обеспечение, усиление роли общественности и т. п. факторы).

В различных сферах деятельности сложилась практика применения численных показателей – демографических, экономических, экологических и др., что позволяет воспользоваться опытом разработки и применения разнообразных численных критериев и показателей, причем опытом как положительным, так и отрицательным.

Так, прямые демографические показатели [7], характеризующие рождаемость, смертность, миграционные подвижки населения и др., доказали свою информативность и содержательности за более чем 120 лет проведения переписей населения (в России – с 1897 г.). Комплексные же, составные показатели, характеризующие социальные факторы, вызывали сложности в применении и сомнения в их содержательности («индексы развития», «показатели счастья» и т. п.). Так, методику расчета Индекса развития человеческого потенциала (HDI), используемого Программой развития ООН [4] с 1990 г., пришлось в 2013 г. переработать, поскольку в показателе была выявлена однозначная логарифмическая корреляция с величиной ВВП и исчезающе малая роль других составляющих индекса, характеризующих уровень образования и ожидаемую продолжительность жизни людей. Не исключено, что дальнейшая практика использования этого составного показателя потребует внесения и других изменений в методику его расчета.

Широко используемые экономические показатели – ВВП, ВНП и другие финансовые параметры, в т. ч. в расчете на душу населения [7], не могут напрямую использоваться для оценки устойчивого развития, поскольку характеризуют общий оборот финансовых средств, а не эффективность их применения. Так, например, использование ламп накаливания, имеющих высокое энергопотребление и малый срок службы (а потому подлежащих частой замене), приводит к увеличению ВВП, в то время как применение экономичных и долговечных светодиодных источников освещения ведет к снижению ВВП. Таким образом, использование чисто финансовых

инструментов, не учитывающих воздействие на окружающую среду, для оценки устойчивости человеческой деятельности (в т. ч. в сфере строительства) представляется нецелесообразным.

В последние десятилетия, когда остро встали вопросы загрязнения окружающей среды, изменения климата и другие экологические проблемы, на постоянной основе стали отслеживаться численные параметры атмосферы, суши, водных и других природных ресурсов, а также объемы и типы отходов. Помимо таблиц ПДК и фиксации фактов превышения допустимых концентраций в атмосфере, воде и почве, стали все шире применяться экологический след и его составная часть углеродный след, предложенные в 90-х гг. У. Ризом и М. Вакернагелем [11, 14]. Экологический след в несколько модифицированном виде был успешно применен в глобальном социо-эколого-экономическом моделировании [2], однако носит слишком общий характер и непригоден для оценки локальных процессов и видов деятельности, в т. ч. строительной. Тем не менее, наработки, сделанные в последние годы в области оценки воздействия человека на окружающую среду (углеродного следа в частности) целесообразно использовать при создании показателей, характеризующих деятельность строительной отрасли и ее вписывание в концепцию устойчивого развития. При этом необходимо учитывать как фазу строительства зданий, так и период их эксплуатации и сопутствующее воздействие на окружающую среду, а также фазу демонтажа с рекультивацией территории.

Материалы и методы

Экологический след как мера воздействия человека на среду обитания учитывает 3 вида площадей [11, 14]:

1. Территории и акватории, необходимые для производства возобновимых ресурсов (пастбища, леса, пашни, рыбопромысловые зоны и др.);

2. Территории, занятые инфраструктурой (транспортная инфраструктура, жилая застройка, промышленные сооружения, водохранилища ГЭС и др.);

3. Территория суши, необходимая для компенсации антропогенных выбросов парниковых газов (при этом для CO₂ в настоящее время учитываются только выбросы от сжигания ископаемого топлива).

В глобальных масштабах в качестве единиц измерения может использоваться количество планет Земля (рис. 1), что в удобной для понимания форме иллюстрирует существующие тенденции воздействия человека на окружающую среду.

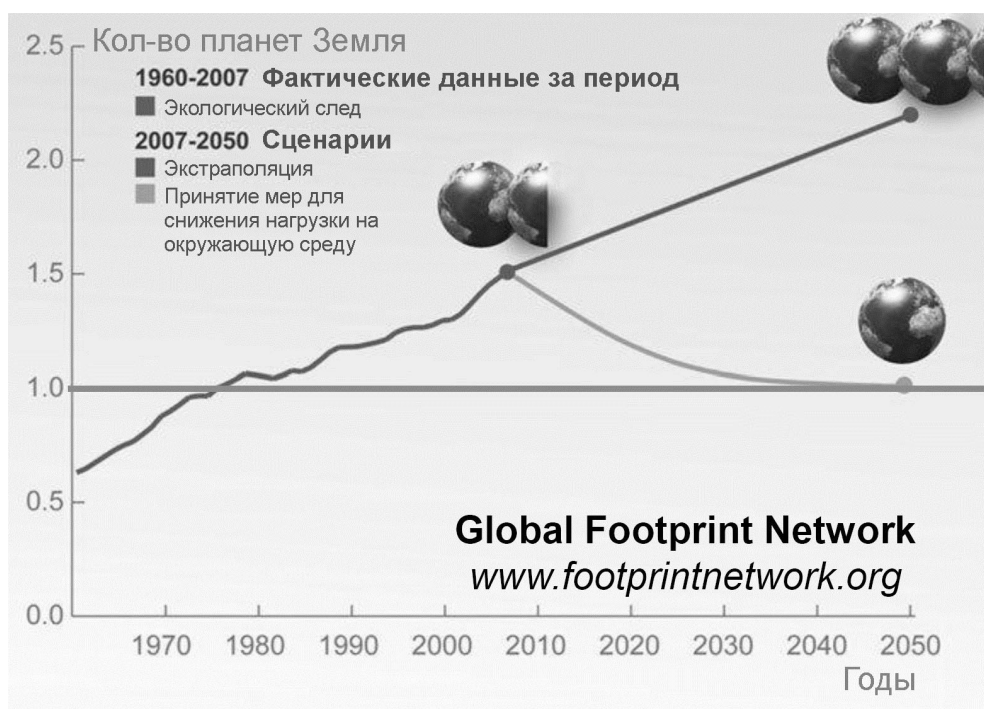


Рисунок 1. Фактическое изменение экологического следа в период 1960-2007 гг. и возможные сценарии развития в период до 2050 г. [8].

Такое представление широко применяется в образовательных целях как иллюстрация тенденций в глобальном масштабе, однако оно совершенно неприменимо в строительстве, где процессы носят выраженный локальный характер. Для региональных оценок и сопоставления стран/континентов между собой экологический след исчисляется в глобальных гектарах (гга) как

условных единицах площади биологически продуктивной территории или акватории (среднемировая биологическая продуктивность 1 га), необходимой для производства ресурсов, потребляемых людьми и видами деятельности, а также для поглощения образующихся отходов с учетом преобладающих технологий и методов природопользования [8]. Однако и в таком выражении экологический след не может применяться как характеристика процессов в строительной сфере. Из перечисленных трех видов площадей первая не имеет прямого отношения к строительной отрасли, третья имеет косвенное отношение (опосредованно через сжигание топлива), а отдельный учет второго вида площадей сводит на нет всю исходную идею использования экологического следа как комплексного, составного показателя.

Углеродный след как совокупность антропогенных выбросов всех парниковых газов (прочие парниковые газы пересчитываются в эквивалент CO_2 – CO_2e), произведенных прямо или косвенно, представляет большой интерес для учета в строительной отрасли, поскольку ее деятельность сопровождается значимыми выбросами CO_2 . Они могут быть прямыми (производство цемента, сжигание ископаемого топлива техникой на объектах строительства) и косвенными (потребление электроэнергии, полученной от сжигания ископаемого топлива третьими сторонами – энергетическими компаниями, доставка стройматериалов поставщиками и т. п.) и отражаться на глобальном балансе углерода (рис. 2).

Углеродный след как глобальный показатель учитывает поглощение CO_2 океанами и оценивает площадь лесов (со среднемировыми характеристиками), требуемой для поглощения оставшейся части выбросов CO_2 :

1. Из объемов выбросов CO_2 (млрд т/год) вычитается объем поглощения мировым океаном (~1/3 выбросов).
2. Вычисляется средняя способность лесов мира поглощать CO_2 (т/га в год).

3. Оставшееся количество CO₂ делится на среднюю поглощающую способность лесов, в результате чего рассчитывается углеродный след в млрд глобальных гектаров, гга.

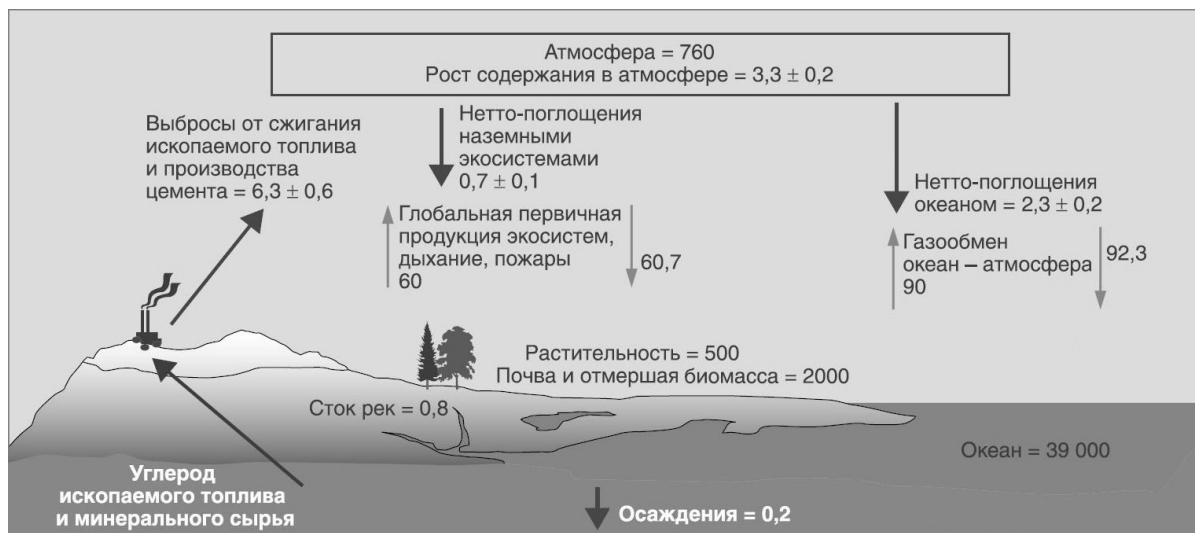


Рисунок 2. Глобальный баланс углерода, средние значения за 1980-98 гг. Размерность запасов: млрд т С; размерность потоков: млрд т С в год [10].

Применение гга как единиц измерения углеродного следа в строительстве представляется нецелесообразным по тем же причинам, что и использование экологического следа: не следует использовать составные показатели и методы расчета, носящие глобальный характер и не имеющие к непосредственному отношению к строительной отрасли. Вместо этого для характеристики строительной деятельности можно использовать выраженный в тоннах эквивалент CO₂ (CO₂e). Далее будут показаны возможные величины потоков таких выбросов.

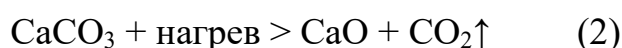
Во избежание ошибок при расчетах следует различать потоки в расчете на чистый углерод (т С, как показано на рис. 2) и потоки диоксида углерода (т CO₂). Для пересчета можно использовать коэффициент 3,67, полученный по формуле (1) через отношение молярных масс CO₂ и С:

$$k_{\text{CO}_2/\text{C}} = \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{C})} = \frac{44 \text{ г/моль}}{12 \text{ г/моль}} = 3,6(6) \quad (1)$$

Общемировые потоки выбросов исчисляются в млрд т С/год и в десятках млрд т CO₂/год. Согласно [9] к **прямым** выбросам относят количество CO₂ или других парниковых газов, выбрасываемое в атмосферу непосредственно на территории того или иного производства или домашнего хозяйства (главным образом при сжигании ископаемого топлива). Также в него включают т. н. энергетические выбросы – потребленные предприятием тепло и электроэнергия, хотя и выработанные за его пределами. Энергетические выбросы носят непрямой характер, однако потребление имеет место непосредственно на объекте, поэтому их включают в прямые выбросы. К **косвенным** выбросам относят количество CO₂ или других парниковых газов, выбрасываемое в атмосферу при производстве и транспортировке потребляемой продукции и предоставлении услуг.

Потоки, за которые ответственна строительная отрасль, можно оценить на основе данных по производству цемента и других строительных материалов [6].

Прямые выбросы при декарбонизации известняка



Коэффициент выброса при декарбонизации составляет ~0,44 т CO₂/т карбоната. Для извести с большим содержанием кальция коэффициент выброса составляет ~0,75 т CO₂/т извести, для доломитовой извести ~0,85-0,86 т CO₂/т извести и т. д. К прямым выбросам также необходимо отнести выбросы CO₂ при сжигании ископаемого топлива в печах на производстве (энергетические выбросы).

Косвенные выбросы при декарбонизации известняка

К косвенным выбросам относят сжигание ископаемого топлива транспортом, доставляющим сырье и необходимое оборудование на цементные заводы.

Учитывая многотоннажность производства цемента в России (десятки млн т/год), прямые и косвенные потоки выбросов CO₂ в строительной отрасли можно оценить на уровне десятков млн т/год и млн т/год соответственно.

В 2019 г. в мире было выброшено порядка 59 Гт CO₂e основными источниками [9], среди них:

- энергетика – 34% (20 Гт CO₂e);
- промышленность, включая строительную – 24% (14 Гт CO₂e);
- сельское хозяйство и лесная промышленность – 22% (13 Гт CO₂e);
- транспорт – 15% (8.7 Гт CO₂e);
- здания и сооружения (выбросы при эксплуатации) – 5.6% (3.3 Гт CO₂e);

При отнесении выбросов от потребляемой электроэнергии и отопления на счет потребителей, как это предусмотрено методикой [9], а не на счет поставщиков энергии, существенно больше выбросов придется на промышленность и здания/сооружения – увеличение с 24% до 34% (до 20 Гт CO₂e) и с 5.6% до 16% (до 9.4 Гт CO₂e) соответственно. На сектор энергетики в этом случае останется 12-13% от общемировых выбросов парниковых газов.

В предшествующих работах авторами проводилась оценка энергопотребления и потоков выбросов в ходе эксплуатации таких промышленных объектов как центры обработки данных (ЦОД). Примененный подход [12] подразумевает учет всех потоков материи и энергии на входе в объект и выходе из него (рис. 3).

Он позволил оценить величину как разовых, так и непрерывных потоков выбросов, связанных с потребляемой ЦОД электроэнергией, энергией от локальных источников генерации (дизель-генераторных установок, ДГУ), выбросами огнетушащих агентов в случае пожара (табл. 1) и др. Поскольку различные ЦОД имеют разную мощность, вычисления проведены в расчете на 1 МВт установочной мощности, а потоки оценены за период эксплуатации продолжительностью 1 год. Разовые события оценивались с учетом их специфики: локальная генерация электроэнергии в расчете на количество часов,

когда для питания оборудования используются ДГУ, а выбросы огнетушащих агентов при пожаре – в расчете на каждый модуль ЦОД, оснащенный системой газового пожаротушения.

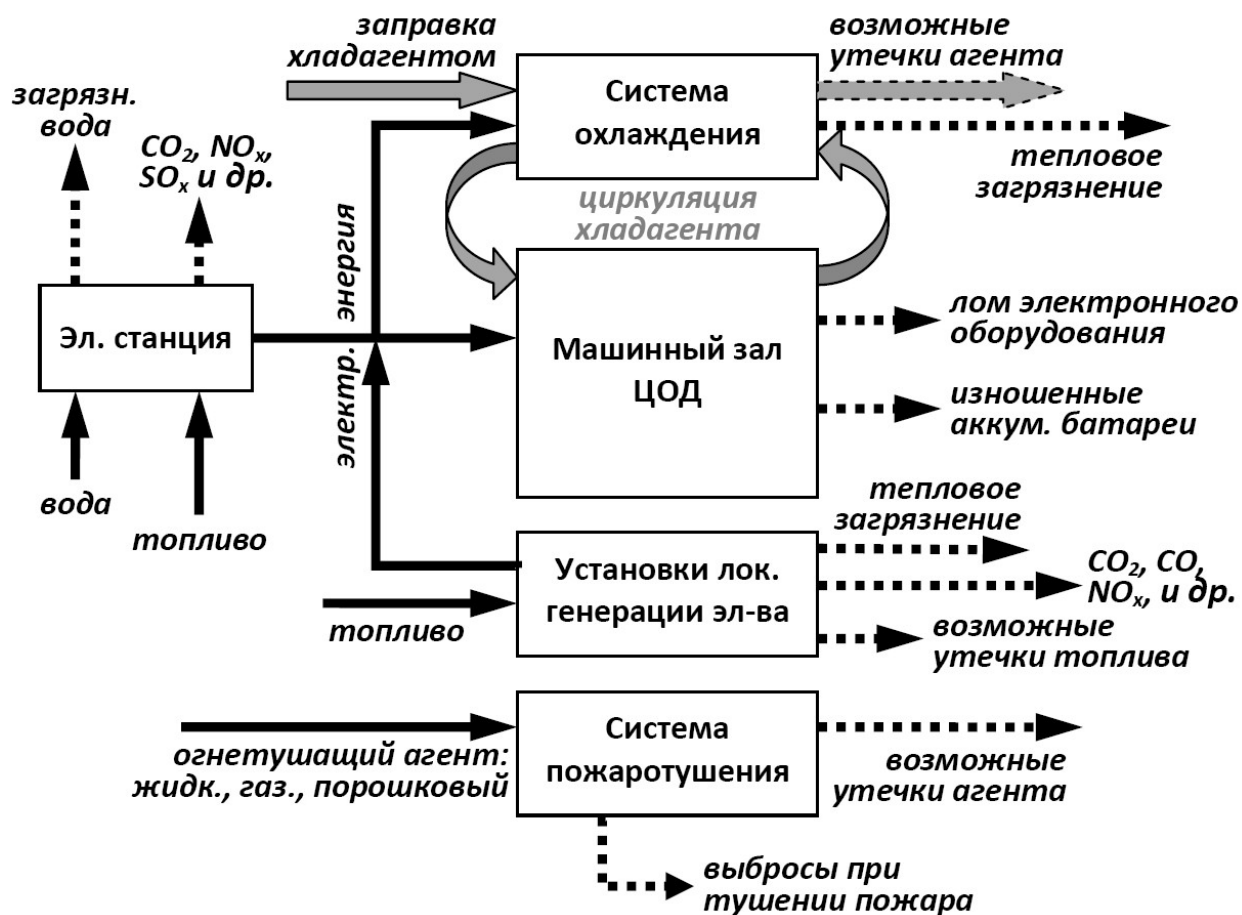


Рисунок 3. Основные входные и выходные материальные и энергетические потоки (ресурсы и выбросы), связанные с эксплуатацией типового ЦОД.

Таблица 1.

Примеры оценки потоков выбросов, связанных с эксплуатацией типового ЦОД [12].

Причина воздействия	Величина воздействия	
	Углеродный след	Тепловые выбросы
Потребление эл. энергии от внешних источников	5 168.4 – 7 008 т CO ₂ /год/МВт	8.76 ГВт·ч/год/МВт
Локальная генерация эл. энергии	0.75 т CO ₂ /ч/МВт	2.8 МВт·ч/ч/МВт
Разовые выбросы огнетушащих агентов при пожаре	< 0.72 т CO ₂ /модуль	—

При строительстве и эксплуатации объектов различного рода для расчета прямых и косвенных выбросов CO₂ можно применять удельные значения углеродного следа для различных видов углеводородного топлива (на единицу объема согласно табл. 2), а также удельный показатель выбросов диоксида углерода на единицу энергии, полученной от сжигания определенного вида углеводородного топлива (табл. 3) – показатель CEF (Carbon Emission Factor).

Таблица 2.

Оценка углеродного следа при сжигании единицы объема углеводородного топлива различных видов.

Вид топлива	Уд. углеродный след по данным ЕРА, IPCC и др. зарубежных источников	Уд. углеродный след по источникам РФ и собственным расчетам авторов
Высокооктановый бензин	1.93 – 2.35 кг CO ₂ /л	2.39 кг CO ₂ /л
Дизельное топливо	2.64 – 2.69 кг CO ₂ /л	2.69 кг CO ₂ /л
Природный газ	1.90 – 1.94 кг CO ₂ /м ³	1.98 кг CO ₂ /м ³

Таблица 3.

Выбросы CO₂ на единицу энергии, полученной при сжигания углеводородного топлива

Вид топлива	Показатель CEF, кг CO ₂ /кВт·ч (данные IPCC)
Каменный уголь	от 0.863 до 0.941
Бурый уголь	до 1.175
Нефть	0.893
Природный газ	от 0.491 до 0.891 в зависимости от используемой технологии выработки электроэнергии
	Показатель CEF, кг CO₂/кВт·ч (данные IPCC, ЕРА, отечественные источники и собственные оценки авторов)
Неизвестный источник энергии, усредненно	0.59 – 0.8

Результаты

Описанный подход может применяться для оценки выбросов при строительстве, эксплуатации и демонтаже любых зданий и сооружений,

включая жилые дома, спортивные объекты, промышленные конструкции и иные типы строений. Для этого на каждом этапе необходимо численно оценить все потоки материи и энергии на входе и выходе из объекта.

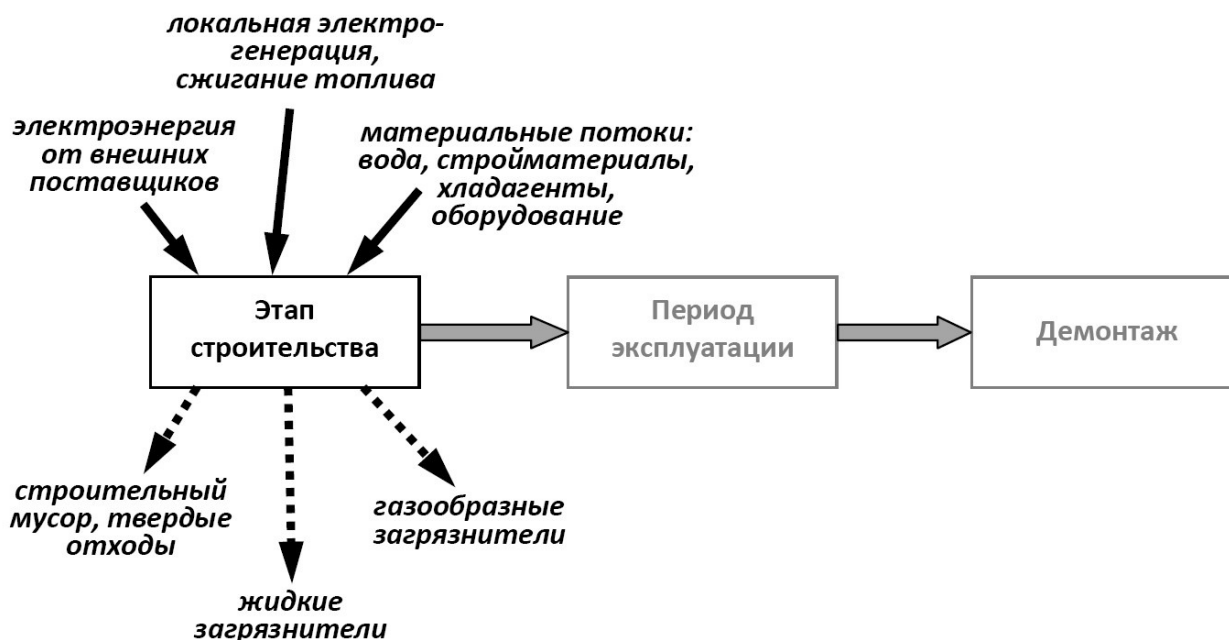


Рисунок 4. Основные входные и выходные материальные и энергетические потоки на этапе строительства здания или сооружения.

Для оценки входных и выходных материальных и энергетических потоков в зависимости от специфики объекта и практики, сложившейся у поставщиков ресурсов, можно использовать следующие размерности:

- кг, т и др. меры массы
- л, м³ и др. меры объема
- кВт·ч, МВт·ч, ГВт·ч (ккал и Гкал для поставок тепла)

На этапе строительства расчеты целесообразно вести по факту, не на единицы времени. При этом в зависимости от назначения объекта следует рассчитывать удельные показатели:

- на м² полезной площади (для жилых и офисных зданий, торговых и иных объектов, где целевой является полезная площадь)
- на количество койко-мест для учреждений здравоохранения, общежитий, домов престарелых

- на количество номеров и/или постояльцев для отелей, апартаментов, объектов индустрии туризма и гостеприимства
- на количество зрителей для спортивных сооружений, театров/кинотеатров, концертных залов и др.

На этапе эксплуатации в силу его длительности целесообразно использовать для потоков описанные размерности в расчете на год. Полученные годовые величины позволят определять совокупные показатели за весь период эксплуатации и сопоставлять эффективность работы объектов с учетом срока их службы.

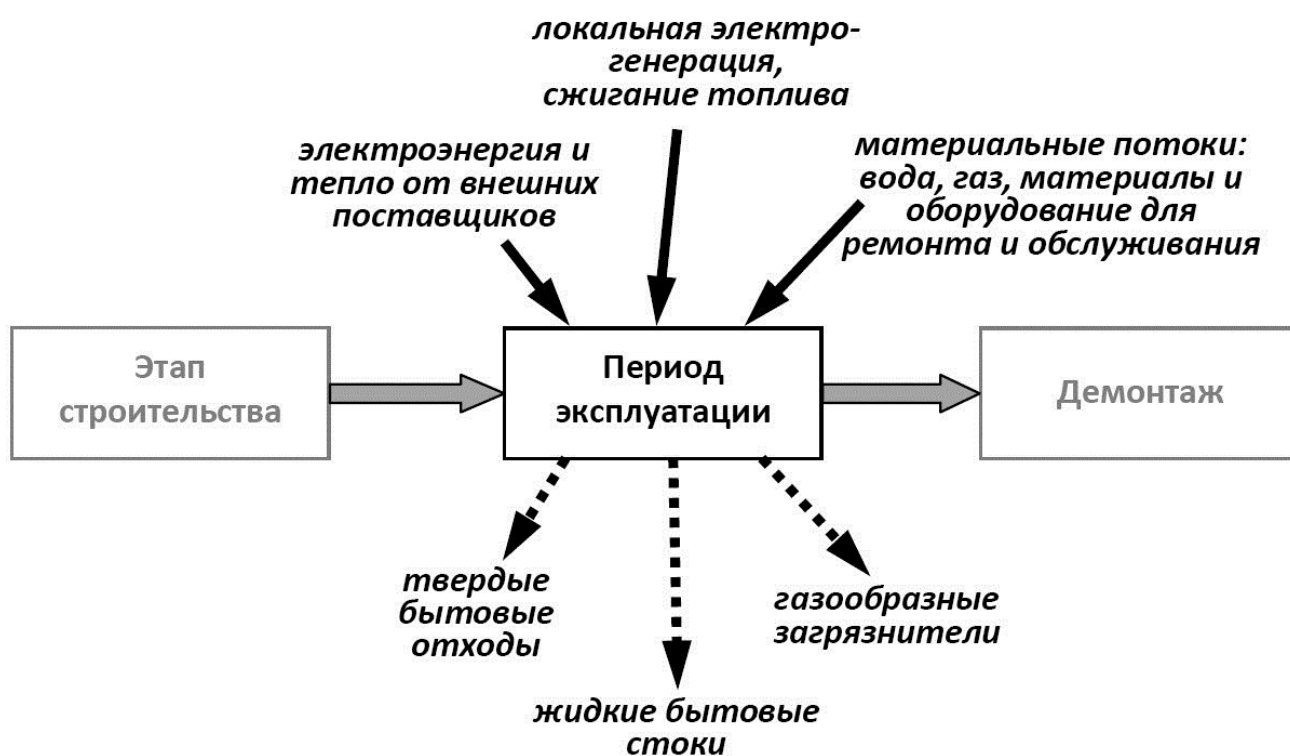


Рисунок 5. Основные входные и выходные материальные и энергетические потоки в ходе эксплуатации здания или сооружения.

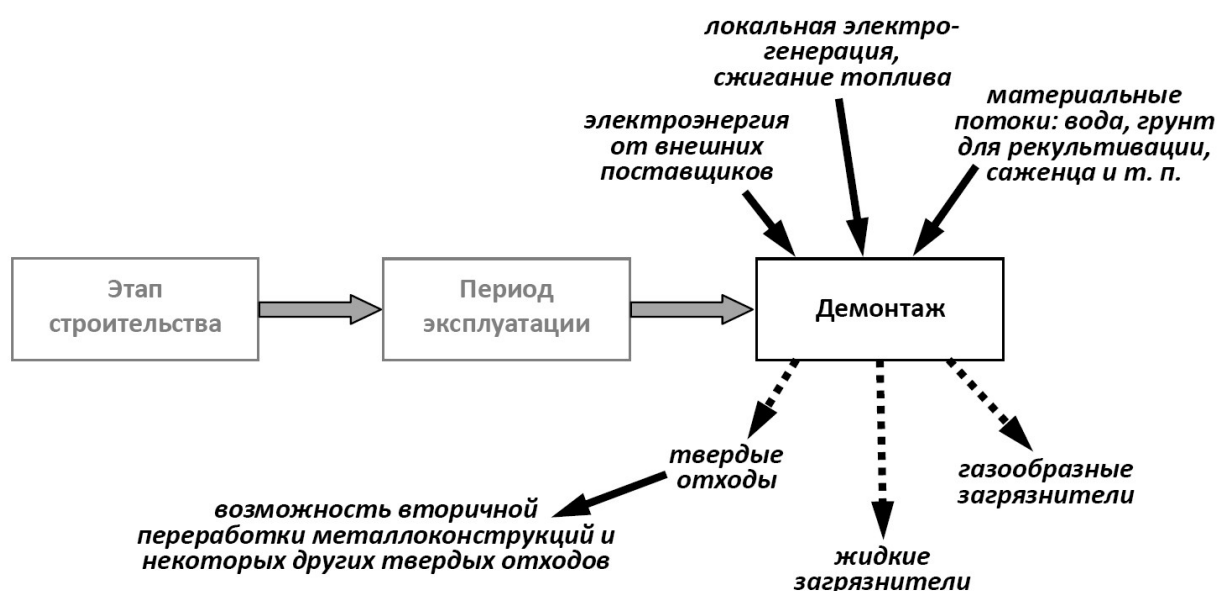


Рисунок 6. Основные входные и выходные материальные и энергетические потоки при демонтаже здания или сооружения.

На этапе демонтажа используются те же размерности, что и при строительстве, однако следует учитывать возможность переработки некоторых видов твердых отходов и повторного использования металлоконструкций и иных материалов. Одно из направлений практической реализации концепции устойчивого развития состоит в том, чтобы потоки, исходящие из одних объектов, превращались не в отходы, а во входные ресурсы для других объектов.

В последние годы приобрела популярность идея углеродной нейтральности зданий и объектов. Поскольку в настоящее время отсутствуют коммерчески доступные физико-химические методы секвестрации CO_2 , единственным практически реализуемым способом является его поглощение растительностью. Однако в расчетах встречаются завышенные значения (десятки и сотни тонн в год на 1 га), некорректные размерности (не поглощение CO_2 , а общее содержание органики на 1 га; т CO_2 вместо т С; т С за время всего проекта вместо годового интервала) и иные расчетные ошибки. При расчетах следует применять проверенные оценки МГЭИК [5], полученные в результате практических исследований на опытных природных площадках (табл. 4).

Таблица 4.

Средние темпы поглощения углекислого газа в т С/га в год
для различных видов лесов.

Вид растительности	Средние темпы поглощения (т С/га в год)
Бореальные леса	0.4 – 1.2
Леса умеренной зоны	1.5 – 4.5
Тропические леса	4 – 8

Так, средний 200-квартирный дом с ежемесячным потреблением электроэнергии 100 кВт·ч на квартиру генерирует выбросы ~200 т CO₂/год. Для его поглощения требуется в среднем 17,5 га леса умеренной зоны.

$$V_{\text{CO}_2} = 100 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{кварт}\cdot\text{мес}} \cdot 12 \text{ мес} \cdot 200 \text{ кварт.} \cdot 0.8 \frac{\text{кг CO}_2}{\text{кВт}\cdot\text{ч}} = 192 \text{ т CO}_2 \quad (3)$$

$$S_{\text{леса}} = \frac{192 \text{ т CO}_2}{k_{\text{CO}_2/\text{С}} \cdot 3 \text{ т С/га}} = \frac{192}{3.67 \cdot 3} = 17.44 \text{ га} \quad (4)$$

Очевидно, такие потребности в поглощении CO₂ не покрываются ни оранжереями на крышах домов, ни зелеными фасадами, ни прилегающими скверами и газонами. Их следует предусматривать из эстетических и рекреационных соображений, однако это не должно быть иллюзией, будто городская застройка легко может достичь углеродной нейтральности.

Заключения

В 2007 г. экологический след в России составлял 4,4 гга на душу населения, при этом биоемкость среды в РФ составляла 6,4 гга в душевом выражении [8] – в первую очередь за счет лесов средней полосы. Хотя в РФ достаточно собственных природных ресурсов, к приведенным цифрам следует относиться с осторожностью, учитывая неточность методик оценки, разброс в плотности населения в различных регионах РФ и общемировую тенденцию

изменения экологической обстановки к худшему. Подобное положение следует рассматривать как дополнительный стимул к энергосбережению, экономии потребляемых ресурсов и ограничению выбросов в окружающую среду.

Учет полного жизненного цикла зданий и сооружений, потребления ресурсов и генерации выбросов (прямых и косвенных) на этапе строительства, эксплуатации и последующего демонтажа любых строительных объектов – путь к практической реализации концепции устойчивого развития. По мере накопления статистических данных по различным видам зданий и сооружений появится возможность сопоставлять параметры однотипных объектов между собой, чтобы искать пути для наиболее эффективного использования имеющихся ресурсов и минимизации выбросов в окружающую среду.

Библиография

1. Группа ООН по устойчивому развитию, официальный сайт. – URL: <https://unsdg.un.org/ru> (дата обращения: 24.05.2022).
2. Медоуз, Д. Х, Рандерс, Й., Медоуз, Д. Л. Пределы роста: 30 лет спустя. / Под ред. Н. П. Тарасовой; пер. с англ. Е. С. Оганесян. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
3. ООН, официальный сайт, Доклады по вопросам изменения климата. – URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/reports> (дата обращения: 24.05.2022).
4. Программа развития ООН, официальный сайт. – URL: <https://www.undp.org/> (дата обращения: 24.05.2022).
5. МГЭИК, «Резюме для лиц, определяющих политику: землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство». – URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srl-ru-1.pdf> (дата обращения: 24.05.2022).
6. МГЭИК, «Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов», том 3 «Промышленные процессы и использование продуктов». 2006 и последующие годы. – URL:

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/3_Industry_RU.pdf (дата обращения: 24.05.2022)

7. Федеральная служба государственной статистики, официальный сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 24.05.2022).

8. Global Footprint Network, официальный сайт. – URL: <https://www.footprintnetwork.org> (дата обращения: 24.05.2022).

9. IPCC Sixth Assessment Report (AR6), Climate Change 2022. – URL: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/> (дата обращения: 24.05.2022).

10. Land Use, Land-Use Change and Forestry, IPCC, 2000. / Robert T. Watson, Ian R. Noble, Bert Bolin, N. H. Ravindranath, David J. Verardo and David J. Dokken (Eds.). – Cambridge University Press, UK, 2000.

11. Rees, W. E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out // Environment and Urbanization. – 1992-10-01.

12. Semenov, A., Oganesyanyan, E. Data centers environmental impact assessment features. / E3S Web of Conferences, 311, 04007 (2021).

13. UN Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development: официальный сайт. – URL: <https://sdgs.un.org/>, <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 24.05.2022).

14. Wackernagel, M. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning toward sustainability – 1994-01-01

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ

Огаркова И. К., НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

В статье рассмотрены причины создания АСУ вентиляции в зданиях, основные составляющие вентиляционной установки, автоматика вентустановки, система управления системой и преимущества от применения АСУ.

Annotation

The article discusses the reasons for the creation of automated ventilation systems in buildings, the main components of the ventilation system, the automation of the ventilation system, the system management system and the advantages of using automated control systems.

Ключевые слова: Автоматизированные системы управления, вентиляция и кондиционирование

Keywords: Automated control systems, ventilation and air conditioning

Введение

Автоматизация системы вентиляции представляет собой комплекс, состоящий из автоматического управления микроклиматом помещений. Автоматические системы вентиляции способны обеспечивать необходимые условия движения воздуха внутри помещений. При этом происходит экономия электроэнергии, сохранение тепла или холода в помещениях, а также пропадает потребность в обслуживающем персонале. Помимо этого, в случае аварии система производит автоматическое отключение и включение оборудования.

При строительстве больших, высотных зданий автоматизация вентиляции становится практически необходимостью, так как вентиляционные

конструкции расположены на больших площадях, что делает практически невозможным ручной контроль всего оборудования. По этой причине правильная настройка автоматической системы вентиляции очень важна, ведь она является гарантией качественной работы системы и значительно облегчает управление приборами.

Для управления автоматизированной системой вентиляции применяется система диспетчеризации. Система диспетчеризации вентиляции позволяет отслеживать параметры внутри каждого помещения, централизованно отображать их изменения и регулировать отдельные параметры системы.

Вся информация о параметрах внутри помещений посылается на центральный контроллер. В нем происходит обработка полученной информации и дальнейшая отправка соответствующих сигналов управления в систему управления вентиляцией.

Материалы и методы

Состав системы автоматизации зависит от типа вентиляционной системы и от требований, которые предъявляет заказчик.

В данном проекте применяется автоматизированная система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией.

В состав системы автоматизации входит следующее оборудование:

- TE1 – датчик температуры наружного воздуха. Отвечает за сбор информации о температуре снаружи здания;

- PDS1 – датчик перепада давления на фильтре в приточном канале. С его помощью система отслеживает состояние фильтра и в случае превышения установленного давления выдает сигнал о неисправности оборудования;

- TS1 – термостат защиты от перегрева первой фазы. Контролирует работу калорифера в диапазоне 60-90°C;

- TS2 – термостат защиты от возгорания второй фазы. Контролирует работу калорифера в диапазоне от 90°C;

- PDS2 – датчик перепада давления на приточном вентиляторе. В случае расхождения значения давления ниже установленного, система выдает сигнал о неисправности оборудования;

- TE2 – канальный датчик температуры приточного воздуха. Замеряет значения температуры воздуха, поступающего в помещения;

- TE3 – канальный датчик температуры вытяжного воздуха. Измеряет значения температуры воздуха, удаляемого из помещений;

- PDS3 – датчик перепада давления на вытяжном фильтре;

- PDS4 – датчик перепада давления на вытяжном вентиляторе;

- TE4 – канальный датчик температуры воздуха, удаляемого в атмосферу;

- Частотные преобразователи. Служат для передачи в систему информации в виде числового кода.

Алгоритм управления работой вентиляционной системы следующий:

Переход в автоматический режим осуществляется при помощи переключателя на двери щита управления [3]. Система сама переходит в один из режимов Зима/Лето в зависимости от показаний наружного датчика температуры. Режим «Лето» включается при температуре наружного воздуха равной 15°C, при понижении температуры наружного воздуха до 12 °C происходит переход в режим «Зима».

При включении системы и переходе ее в режим «Зима» осуществляются следующие шаги:

- воздушные заслонки закрыты;

- вентиляторы вент установки выключены;

команда на запуск всего оборудования вентиляционной системы кроме вентиляторов осуществляется одновременно с начало нагрева калорифера;

- запуск вентиляторов происходит после задержки, достаточной для открытия воздушных заслонок. Это делается для того, чтобы избежать поломки оборудования, так как на открытие заслонки требуется время, а выдержать давления, оказываемое работающим вентилятором, она не способна. В момент включения вентиляторов включается и рекуператор;

- затем производится регулирование температуры воздуха в приточном канале при помощи ПИД-регулятора;

- при помощи датчика температуры, расположенного в приточном воздуховоде, осуществляется управление нагревом вентиляционной установки.

При запуске системы и переходе в режим «Лето» осуществляются следующие действия:

- воздушный заслонки закрыты;

- вентиляторы вент установки выключены;

- включается компрессорно-конденсаторный блок (ККБ), связанный с фреоновым воздухоохладителем;

- так же, как и в режиме «Зима», вначале осуществляется открытие воздушных заслонок и с задержкой, достаточной для их полного открытия, подается команда на включение вентиляторов.

В случае возникновения угрозы перегрева калорифера (по достижении первой фазы) алгоритм работы системы автоматики следующий — приточный вентилятор увеличивает число оборотов, система подает сигнал выключения калорифера, в журнал событий заносится аварийное сообщение об угрозе перегрева.

Сигнал Авария на вентиляторе поступает в случае появления следующих событий:

- сигнал перегрузки электродвигателя по срабатыванию встроенного термоконтакта;

- сигнал об аварии с преобразователя частоты. В этом случае при поступлении данного сигнала вентиляционная установка переходит в дежурный режим, подача питания на преобразователь частоты прекращается;

- сигнал «обрыв ремня» появляется от срабатывания датчика перепада давления на вентиляторе.

Управление и контроль системой вентиляции осуществляется удаленно с помощью системы диспетчеризации здания. Сюда передаются все необходимые сигналы с контроллера.

В щит управления вентиляцией приходят сигналы с системы пожарной сигнализации. В случае поступления сигнала о пожаре, поступление свежего воздуха в помещения прекращается, вентиляционная установка останавливается и переходит в дежурный режим.

Управление системой осуществляется с помощью программы TraceMode, установленной на АРМ оператора. Прежде, чем система диспетчеризации начнет работать, она проходит несколько подготовительных этапов:

- в программе при помощи библиотек графических объектов создается модель системы, для которой разрабатывается система диспетчеризация;
- настройка параметры системы, при необходимости создание кода;
- подключение оборудование;
- запуск программы.

С этого момента начинается работы системы диспетчеризации. Она с заданной периодичностью проводит опрос контроллера. Он, в свою очередь, подает запрос на информацию с приборов учета и датчиков состояния. Затем контроллер анализирует поступившую информацию и преобразует полученные сигналы в физические величины. При этом также отслеживаются заданные предельные значения параметров.

Полученные данные выводятся на экран монитора оператора диспетчерского пункта. Это возможно осуществить при помощи мнемосхем, таблиц, диаграмм и графиков показателей расхода энергоносителей (Рис.1-4). Необходимую информацию затем можно распечатать.

В приточной части системы вентиляции происходит подготовка воздуха для подачи его помещения. Процессом управляет автоматика приточно-вытяжной системы: в зависимости от значений уставок и значений, получаемых от датчиков, меняется степень нагрева/охлаждения воздуха в соответствующих секциях системы, регулируется частота вращения электродвигателя вентилятора, регулируется количество теплоты, отдаваемой удаляемым воздухом приточному.

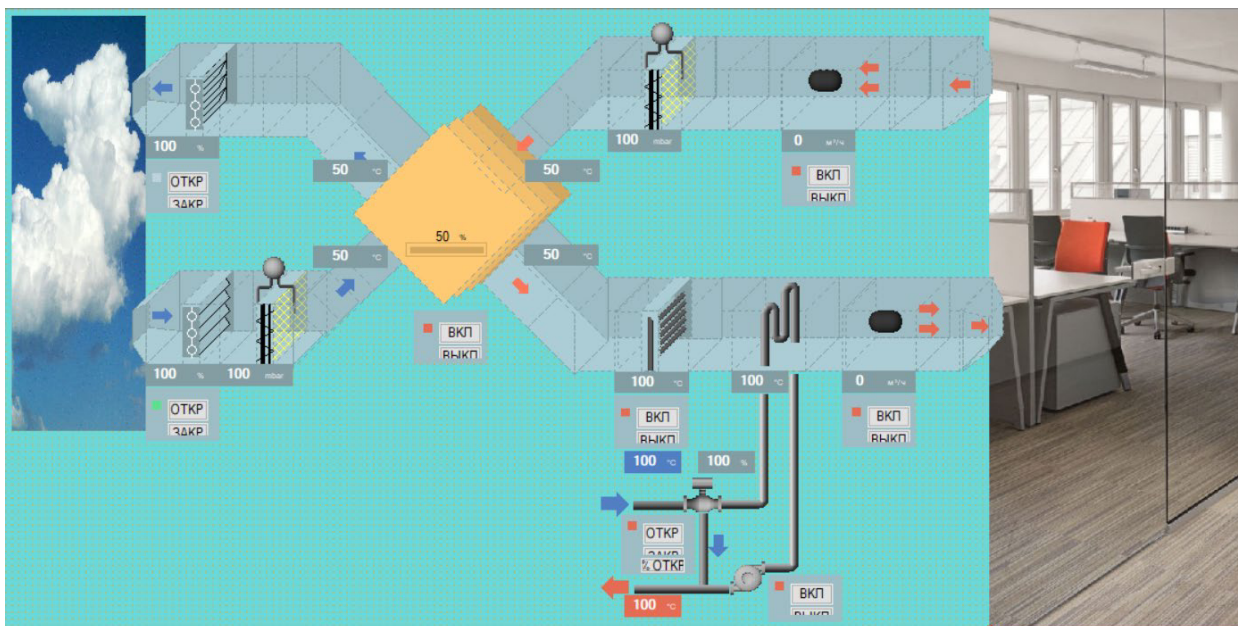


Рисунок 1. Вид автоматизированной системы приточно-вытяжной вентиляции в программе

В вытяжной части системы происходит очистка удаляемого воздуха от возможных примесей и передача теплоты приточному при помощи рекуператора.

На входе и выходе системы (вход приточной части и выход вытяжной) установлены воздушные заслонки с электроприводами М. Они позволяют предотвратить естественное попадание воздуха в систему.

Давление на приточном и вытяжном фильтрах замеряется дифференциальными реле контроля перепада давления PDS. В зависимости от значения, получаемого от датчика, можно сделать вывод о состоянии фильтра: если разница давления на фильтре небольшая, то фильтр работает в штатном режиме, если давление выше нормы - засорен, при значениях, значительно превышающих норму, - нуждается в замене. Датчик устанавливается с двух сторон фильтра.

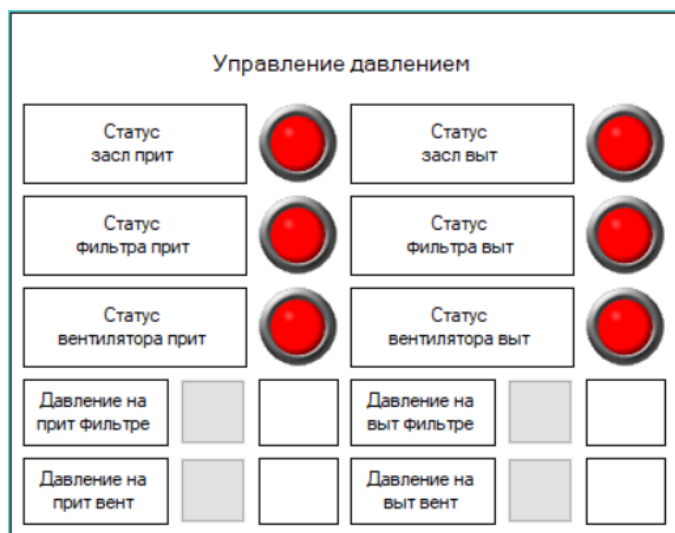


Рисунок 2. Поле управления и отслеживания давления на оборудовании

На рекуператоре 6 значений. Из них четыре – температура, один – КПД и управление (вкл/выкл). Два значения температуры равны температуре наружного воздуха и температуре в помещении. Температура приточного воздуха после рекуператора зависит как от КПД рекуператора, так и от температур, приведенных выше. Среди значений рекуператора настроить можно только КПД, значения температур поступают от датчиков (до рекуператора) и рассчитываются вручную (после рекуператора).

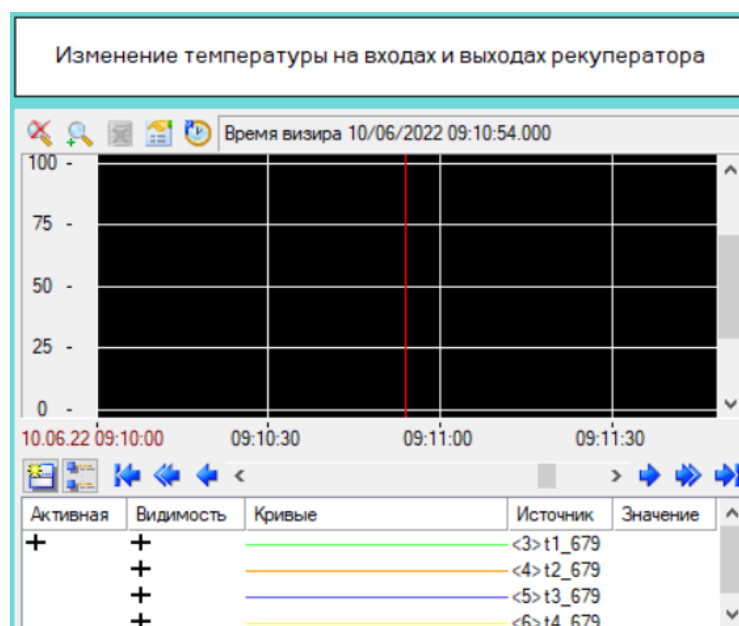


Рисунок 3. График изменения температуры воздуха на входах и выходах рекуператора

Значения температуры калорифера можно настроить вручную, либо менять в зависимости от значений температуры, полученных после рекуператора. Так, если температура окажется слишком низкой, температура калорифера должна повыситься, и наоборот. Для охладителя ситуация та же. Режимы работы калорифера и охладителя не совпадают, так как калорифер работает, когда режим «Зима» (температура наружная меньше + 12°C) и выключается в режиме «Лето» (температура больше или равна + 15°C). Охладитель же наоборот включается «Летом» и выключается «Зимой» [1].

Управление температурой

Температура наружного воздуха			Температура воздуха в помещении		
Зима	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Введите КПД рекуператора	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Т охладителя	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Т калорифера	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Т обратного теплоносителя	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Рисунок 4. Поле управления и отслеживания температуры в системе

Для искусственного подгона воздуха применяются вентиляторы. Они позволяют подгонять воздух для подачи/удаления его из помещения. На вентилятор также ставится Дифференциальный датчик давления [4]. С вентилятора идут следующие сигналы: состояние вентилятора, производительность заданная, производительность реальная и управление вентилятором. Значение состояние вентилятора зависит от диф датчика давления. Если разница давлений большая, то вентилятор работает в штатном режиме. При небольшом отклонении от нормы поступает сигнал о проблеме. Если разница давлений значительно меньше установленной нормы или равна нулю, то произошла поломка вентилятора, и его нужно заменить. Производительность заданная вводится вручную, реальная показывает то, с

какой производительность работает вентилятор (то есть, значения производительности заданной и реальной могут отличаться).

Согласно СанПин 1.2.3685-21, температура внутри помещения должна быть от +22°C до +25°C [2]. Если температура не будет в этом диапазоне, то сотрудникам будет очень некомфортно на рабочих местах, что приведет к потере производительности. Если температура внутри помещения значительно отклонится от установленной нормы, состояние сотрудников сильно ухудшится, что приведет к полной остановке рабочей деятельности.

Температура наружная может колебаться от -30°C зимой до +40°C летом.

Для обеспечения нормального пуска системы необходимо предварительно осуществить настройку состояния воздушных заслонок до пуска вентиляторов: заслонки открывают, так как перепад давлений, создаваемый вентилятором, может вывести заслонку из строя. Поэтому ждут полного открытия заслонки электроприводом (иногда доходит до двух минут).

При отключении системы учитывают следующие моменты:

- после прекращения работы электрокалорифера, его следует охлаждать в течение некоторого времени, иначе нагревательный элемент калорифера (ТЭН) выйдет из строя. Поэтому вентилятор приточного воздуха следует выключать с задержкой;

- должен быть предусмотрен индивидуальный пуск оборудования, необходимого при наладке и во время профилактических работ;

- функция программного управления, смена режимов «зима-лето» и «день-ночь», предусматривает снижение (повышение) заданного значения температуры в зависимости от периода суток или из-за изменения тепловых нагрузок в обслуживаемом помещении.

Контроль загрязненности фильтра оценивается увеличением давления на нем. Диф датчик давления измеряет разность давлений воздуха до и после фильтра. Допустимая разница давлений устанавливается непосредственно при наладке системы. При увеличении разницы давлений (уставки), от датчика

поступает сигнал о неисправности фильтра, и происходит аварийная остановка системы.

Такие же датчики устанавливаются и на вентиляторах. Если выйдет из строя вентилятор или случится обрыв ремня привода вентилятора, то система будет остановлена в аварийном режиме.

При нажатии кнопки пуск открываются воздушные заслонки M1 и M2, начинает работать вентилятор. Работа вентилятора контролируется с помощью датчиков DPS2 и DPS4. Если по истечении уставки времени «Тзад вкл» (5 сек) после нажатия кнопки «Пуск» не поступит сигнал с датчика, вырабатывается аварийный сигнал «Авария вентилятора». После устранения неисправности сигнал можно сбросить нажатием на кнопку «Сброс аварии» При срабатывании датчиков DPS1 или DPS3 на фильтрах, вырабатывается аварийный сигнал «фильтр засорён», который может быть устранен путем нажатия на кнопку «Сброс аварии».

Результаты

В результате создания АСУ вентиляцией решается большинство проблем, связанных с контролем работы оборудования. Система самостоятельно проводит опрос приборов контроля и принимает решение о необходимости в обслуживании, если возникает одно из следующих событий:

- падение давления или снижение скорости воздушных потоков в воздуховодах;
- энергопотребление электрооборудования не соответствует нормативным показателям;
- сравнение параметров системы со средними для данного режима работы показывает отклонение.

При возникновении любого из событий, информация по нему выводится на экран оператора, и сигнализирует ему о необходимости замены фильтров, замены масла в компрессоре, очистки воздуховодов и т.д.

Основные задачи, выполняемые SCADA-системой:

- получение данных датчиков и вывод их на экран оператора в удобном для него виде (например, вывод изменения параметров во времени на график);
- дистанционное управление исполнительными механизмами;
- ввод заданий алгоритмам автоматического управления;
- осуществление работы алгоритмов автоматического контроля и управления;
- контроль появления аварийных ситуаций и информирование оператора о состоянии системы автоматизации;
- формирование отчетов о ходе процесса работы системы.

Таким образом, АСУ системы вентиляции запускает вентиляцию в работу, останавливает её, обрабатывает показания датчиков и устанавливает нужный режим в зависимости от температуры, влажности и прочих параметров.

Заключение

Применение автоматизированной системы управления позволяет практически полностью исключить участие человека в процессе управления, оставляя ему роль наблюдателя. Кроме того, это исключает человеческий фактор при управлении, что приводит к уменьшению количества ошибок. Плавность изменения параметров сокращает затрачиваемые на процесс управления и регулирования расходы электроэнергии. При этом происходит экономия значительной суммы средства. Автоматизированная система вентиляции осуществляет работу круглосуточно и требует только периодическое профилактическое обслуживание.

Библиография

1. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»

2. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

3. Бондарь Е.С., Гордиенко А.С., Михайлов В.А., Нимич Г.В. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие. - Киев: «Аванпост-Прим», – 2005. – 560 с.

4. Кривонос В.А. Автоматизация технологических процессов и производств: методическое пособие. – Старый Оскол : СТИ МИС и С, 2009. – 60 с.

ВОДЯНОЕ ОХЛАЖДЕНИЯ – ДЕРЕВЯЯ ПРАКТИКА И АКТУАЛЬНЫЙ ТРЕНД В ЗЕЛЁНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Третьякова О. Д., независимый консультант по здоровой и комфортной среде, г. Москва

Аннотация

В последние годы в России возрос интерес к устойчивому строительству. Как следствие изменились и требования к системам охлаждения: они должны быть комфортными и безопасными для здоровья человека и при этом энергоэффективными и экологичными. В то же время стандарты зелёного строительства изменили принципы проектирования, которые прежде мешали развитию потолочных лучистых систем охлаждения. Эта статья описывает потенциал так называемых “холодных потолков” в аспекте устойчивого строительства.

Annotation

The recent growing interest in sustainable building design in Russia has led to a demand for new cooling systems: comfortable and healthy on the one hand and energy efficient and environmentally friendly on the other. At the same time the green building standards have changed the conventional building practices that had hindered the development of ceiling radiant cooling systems before. This paper reveals the potential of cooled ceilings in terms of green building standards.

Ключевые слова: водяное охлаждение, “холодные потолки”, лучистый теплообмен, тепловой комфорт, зелёное строительство, здоровые здания

Keywords: water cooling, cooled ceilings, radiant heat exchange, thermal comfort, green building, healthy buildings

Введение

Многим технологиям зелёного строительства сотни и даже тысячи лет. Так, различные землянки и жилища, вырезанные в скальной породе, создавались в разных точках мира уже тысячи лет назад. А сегодня энергосберегающие “земляные дома” швейцарского архитектора Петера Ветша, использующие стабильную температуру грунта для снижения нагрузок на отопление и охлаждение, известны во всём мире.

Жители Фарерских островов на протяжении сотен лет используют зелёные кровли для тепло- и шумоизоляции своих практически круглогодично подверженных непогоде домов.

Ставни с ламелями под определённым углом в качестве средства солнцезащиты - тоже достаточно древний приём. И подобные конструкции до сих пор актуальны, только сегодня форму и положение их элементов рассчитывают с помощью компьютерного моделирования – так был создан солнцезащитный купол над комплексом зданий нового филиала Лувра в Абу-Даби работы французского архитектора Жана Нувеля.

Использование воды и принципа лучистого теплообмена для охлаждения также имеет давнюю историю: традиционно на территории дворцов - особенно в регионах с жарким климатом - сооружались пруды, которые в жаркие дни обеспечивали приятную прохладу. Конечно, тут присутствует и некоторый эффект от испарения - процесса с поглощением теплоты, но основную ассимиляцию теплоты обеспечивает лучистый теплообмен: значительная масса воды низкой температуры поглощает энергию, излучаемую телами, имеющими более высокую температуру, без участия окружающего воздуха.

К этому приёму прибегнул известный своей любовью к нестандартным техническим решениям британский архитектор Николас Гримшоу при работе над проектом павильона Великобритании для международной выставки EXPO-92. Выставка проходила в испанском городе Севилье, где летом температура воздуха может достигать +50°C. Гримшоу превратил в своеобразный

вертикальный пруд целый фасад здания: охлаждённая вода циркулировала между стеклянными панелями и ассимилировала теплоизбытки за счёт лучистого теплообмена, даря комфорт посетителям удивительного строения. Альтернативное решение с воздушным охлаждением привело бы к очень высоким затратам энергии, так как объём павильона был очень большим, но использование воды для охлаждения поверхности стены и понижения радиационной температуры в помещении позволило проекту получить приз выставки как самому энергоэффективному павильону.

В современных “холодных потолках”⁴ воды не видно – она циркулирует внутри теплообменных трубок, соединённых с металлическими панелями, которые ассимилируют теплоизбытки за счёт лучистого теплообмена.

Материалы и методы

Об эффективности потолочных панельно-лучистых систем и их комфортности с точки зрения физиологии человека писал ещё французский исследователь А. Миссенар. Его классическая монография “Лучистое отопление и охлаждение” вышла в 1958 году и уже в 1961 была переведена на русский язык [4], так как в Советском Союзе в то время тоже предпринимались попытки внедрения водяного потолочного отопления охлаждения как перспективной технологии в строительстве [6].

Однако, если лучистое отопление в своём современном виде применяется уже более ста лет, в том числе не одно десятилетие в России, распространение лучистого охлаждения сильно отстало во времени и становится актуальным у нас только сейчас.

⁴ Здесь, чтобы предупредить путаницу в понятиях, следует заметить, что “холодные потолки” и потолочные охлаждающие балки - это не одно и то же. Охлаждающие балки являются по конструкции и по функции конвектором, размещённым под потолком, прибором, охлаждающим воздух. Тогда как “холодные потолки” поглощают тепловое излучение тел, имеющих более высокую температуру без участия воздуха.

Дело в том, что в большинстве климатических зон нашей страны при применении системы панельно-лучистого охлаждения необходимо иметь возможность контроля уровня влажности и осушения приточного воздуха при необходимости. В зависимости от региона это может быть как всего несколько дней в году, так и достаточно длительные периоды.

Несмотря на бытующие среди потребителей опасения, что при высокой влажности воздуха на холодной поверхности потолка будет выпадать конденсат, этот вопрос давно решён, и современные системы надёжно защищены от такой ситуации системой автоматики. Проблема же заключается в том, что если не предусмотреть возможность осушения приточного воздуха, то при повышении влажности воздуха до критического значения срабатывает датчик точки росы, и в панели перестаёт поступать холодная вода - система переходит в режим ожидания, то есть перестаёт охлаждать, что вызывает справедливое недовольство потребителей.

Другая распространённая проблема, сдерживающая распространение панельно-лучистых систем охлаждения – это высокие теплопритоки за счёт инсоляции, если в проекте не применяются средства солнцезащиты. И дело не в низкой производительности панельно-лучистой системы, как принято думать. Если воздух осушить до необходимых значений, температуру потолка можно снизить до того уровня, когда охладительная мощность системы будет покрывать такие высокие нагрузки, но в этом случае возникает большая асимметрия температур разных поверхностей, что в итоге приводит к физиологическому дискомфорту для человека. В этом случае обычно применяют воздушное охлаждение с большими расходами воздуха, однако такое решение, даже при правильной расчётной мощности, к сожалению, также не даёт желаемого уровня комфорта непосредственно в зонах прямого воздействия солнечных лучей [1].

И хотя интерес к потолочному водяному охлаждению со стороны конечного потребителя существует уже достаточно давно, часто недостаточно

высокий общий технический уровень проекта не позволял его реализацию или делал её бессмысленной.

Однако с приходом стандартов зелёного строительства подход к проектированию зданий сильно изменился: сейчас такие вещи, как контроль параметров приточного воздуха, хорошая теплоизоляция зданий и солнцезащита являются неотъемлемыми условиями реализации проекта зелёного здания. Кроме того, особый акцент делается на комфорте и поддержании здоровья человека. По опыту других стран мы видим, что рост проектов с применением водяных панельно-лучистых систем охлаждения очевидно связан с внедрением принципов зелёного проектирования. Всё это позволяет нам предположить, что в ближайшее время “холодные потолки” превратятся из экзотической во вполне привычную систему охлаждения и в России и смогут раскрыть весь свой потенциал зелёной технологии.

Предлагаю рассмотреть преимущества лучистого охлаждения именно в аспекте зелёного строительства и положительного влияния на здоровье человека, двигаясь по основным критериям оценки.

Энергоэффективность, сокращение потребления ресурсов, эффективное использование пространства

Теплопроводность и удельная теплоёмкость водыкратно выше, чем данные характеристики воздуха, и преимущества разделения функций вентиляции и охлаждения (в англоязычной литературе для этого приёма используется аббревиатура DOAS: Dedicated Outdoor Air System) с точки зрения энергосбережения уже давно обсуждаются специалистами во всём мире [3]. Но используя водяную систему для ассимиляции теплоизбытков и снизив расходы вентилируемого воздуха до гигиенических норм, мы можем сэкономить не только энергию, но и объём материалов - значительно уменьшить сечения воздухопроводов, размеров вентиляционных машин и циркуляционных насосов, сечений электрических кабелей и т.д. Кроме того, уменьшается высота техпространств для размещения коммуникаций [5].

Панельно-лучистое охлаждение является относительно высокотемпературной системой охлаждения, так как рабочие параметры воды, циркулирующей по теплообменным трубкам, находятся в большинстве случаев в диапазоне от 15 до 18 градусов Цельсия. Это позволяет использовать не только традиционные источники холода, но и альтернативные: тепловые насосы (в том числе и в пассивном режиме), сухие градирни, фрикулинг и даже воду из пожарных водоёмов.

Также энергосберегающий эффект даёт повышение температуры воздуха в помещении за счёт понижения температуры поверхностей, как как на субъективно ощущаемую человеком температуру в равной степени влияют температура воздуха и радиационная температура в помещении (то есть средняя температура всех поверхностей) [2, 7].

Мультифункциональность

Как уже было сказано выше панельно-лучистая система может работать в двух режимах - отопления при подаче горячей воды и охлаждения - при подаче холодной. Отказ от традиционных отопительных радиаторов позволяет более эффективно использовать площадь помещений.

Тепловой комфорт

Теплообмен человека с окружающей средой в основном конвективно-лучистый. В помещениях с “холодными потолками” доля лучистого теплообмена увеличивается, а конвективного уменьшается. Снижение расходов воздуха до гигиенических норм приводит к уменьшению скорости движения воздуха в помещении, отсутствию локального конвективного переохлаждения – то есть, попросту говоря, сквозняков – и пересушивания слизистых, вызывающего такие известные симптомы “синдрома больных зданий” как першение в горле, кашель и покраснение глаз.

Исчезает также известная проблема, когда в некоторые зоны направлены потоки охлаждённого воздуха, и люди, находящиеся в них испытывают

дискомфорт. Общий уровень теплового комфорта здания, в котором установлены “холодные потолки” повышается, так как вся площадь охлаждается равномерно.

Акустический комфорт

В конструкции водяных панелей охлаждения нет вентиляторов, они не производят шума. Более того, исполнения “холодных потолков” с перфорированной поверхностью и специальным слоем акустического флиса или шумопоглощающей изоляции улучшают акустику помещений, поглощая звуковые волны и уменьшая время реверберации. Такие решения хороши для общественных пространств - аэропортов, конференц-залов, учебных аудиторий, колл-центров и т.д.

Визуальный комфорт

Архитекторы очень не любят инженерные системы за так называемый визуальный шум. Радиаторы, воздуховоды, блоки кондиционеров часто портят своим видом интерьеры. Но водяные потолочные системы охлаждения замечательно мимикрируют и становятся абсолютно невидимыми: сегодня существуют модели для интеграции во все распространённые типы подвесных потолков из металла и гипсокартона, многие производители предлагают также возможность изготовления нестандартных решений по заданию архитекторов.

Экологичность.

В этом аспекте у панельно-лучистых систем несколько плюсов.

Во-первых, это очень долгий срок службы: в них просто нечему ломаться.

Если же мы говорим об утилизации, то тут преимущество у моделей из металлов, так как в отличие от полимеров металлы можно перерабатывать бесконечное количество циклов.

И, наконец, сейчас уже многие производители частично используют вторсырьё для производства своих потолочных панелей. Поэтому при работе

над зелёным проектом имеет смысл обратить внимание именно на такие продукты - они позволят повысить оценку проекта по этому параметру.

Безопасность

Так как система находится под потолком вне зоны досягаемости человеком, она, с одной стороны, является травмобезопасной, что может быть важно, например, в детских дошкольных и школьных учреждениях, а с другой - антивандальной: её сложно повредить или испачкать, что является большим плюсом для общественных зданий - вокзалов, аэропортов, офисов.

Что касается безопасности материалов для здоровья человека, то мы рекомендуем запрашивать подтверждающие документы у производителя. Материал и покрытие качественных “холодных потолков” не должны содержать тяжёлых металлов или выделять летучие органические соединения (ЛОС) при работе системы как в режиме охлаждения, так и в режиме отопления при максимальной рабочей температуре.

Отдельно стоит отметить микробиологическую безопасность. Как мы уже упоминали выше, панельно-лучистая система охлаждения защищена от выпадения конденсата автоматикой, поэтому риск развития бактерий или грибов на поверхности сводится практически к нулю. Кроме того, некоторые производители предлагают возможность окрашивания потолочных охлаждающих панелей специальной антибактериальной краской, которая препятствует размножению колоний бактерий и эффективна даже против штаммов, резистентных к традиционным дезинфектантам. Это решение, конечно, избыточно, для большинства общественных зданий, но его можно рекомендовать для медицинских учреждений, где актуальна проблема распространения внутрибольничных инфекций.

Заключение

Устранение факторов, сдерживающих распространение потолочных систем лучистого охлаждения, в связи с внедрением принципов зелёного

строительства в России, а также положительное влияние этих систем как на экологичность и безопасность зданий, так и на уровень комфорта и здоровье людей позволяет прогнозировать увеличение количества проектов с “холодными потолками” уже в ближайшие годы.

Библиография

1. Аринс Э., Хайзерлинг Д., Пальяга Г. Влияние тепlopоступлений от солнечной радиации на тепловой комфорт в помещении / Э. Аринс, Д. Хайзерлинг, Г. Пальяга // Энергосбережение. – 2019. – №5. АВОК: сайт. – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7284 (дата обращения: 12.06.2022)
2. ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. / АНО "НИЦ КД". – Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2019.
3. Мировые тенденции в области ОВК: мнения экспертов // АВОК. – 2014. – №4. АВОК: сайт. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5980 (дата обращения: 12.06.2022)
4. Миссенар Ф.А. Лучистое отопление и охлаждение / Ф.А. Миссенар. – Москва: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961.
5. Сайт рабочей группы Пенсильванского университета по изучению систем типа DOAS. – URL: <http://doas-radiant.psu.edu/econ.html> (дата обращения: 12.06.2022).
6. Шаповалов И.С. Проектирование панельно-лучистого отопления / И.С. Шаповалов. – Москва: Стройиздат, 1966.
7. Fanger, P.O. Thermal Comfort / P.O. Fanger. – Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГИПСОКАРТОННЫХ ЛИСТОВ

Феногенов И. А., НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

В данной статье описывается процесс производства гипсокартонных листов, цели внедрения систем автоматизации, и алгоритм работы системы автоматического управления производства гипсокартонных листов.

Annotation

This article describes the process of production of gypsum boards, the goals of introducing automation systems, the algorithm of the automatic control system for the production of gypsum boards.

Ключевые слова: автоматизация, гипсокартонный лист, гипсокартон, ГКЛ, производство ГКЛ.

Keywords: automation, gypsum board, drywall, plasterboard, plasterboard production.

Введение

Гипсокартонные листы (ГКЛ) – это строительно-отделочный материал, применяемый для облицовки стен, устройства межкомнатных перегородок, подвесных потолков и огнезащитных покрытий конструкций. Этот материал широко распространен и пользуется большим спросом. В отличие от других отделочных материалов, например, вагонки или блок-хауса, гипсокартон стоит значительно меньше. Кроме того, обладает рядом ценных свойств: он является экологически чистым и безопасным продуктом, обладает пожароустойчивостью, прост в использовании, способен впитывать влагу при повышенной влажности воздуха и отдавать при пониженной влажности для поддержания оптимального микроклимата, сам материал нетоксичен. Помимо ценных свойств, у ГКЛ имеются и минусы: прочность меньше, чем у многих

других материалов, при влажности более 75 % необходима дополнительная защита гипсокартона во избежание разбухания, для закрепления больших по массе предметов, необходимо дополнительное усиление гипсокартонной конструкции.

Гипсокартонные листы – это листовой отделочный строительный материал, представляющий собой гипсовый сердечник, все плоскости которого, кроме торцевых кромок, облицованы картоном. Картон исполняет роль как армирующего каркаса, так и прекрасной основы для нанесения любого отделочного материала (обои, краска, керамическая плитка, штукатурка). Листы применяются для внутренней отделки в жилых, общественных и производственных помещениях с относительной влажностью воздуха не более 70 %. При использовании гипсокартонных листов в процессе отделочных работ значительно возрастает производительность труда, предоставляется возможность реализации неограниченных по замыслу, многовариантных архитектурных решений, включая устройство криволинейных поверхностей, достигается общая экономия затрат на строительство за счет облегчения конструкции здания, обеспечивается не только экологическая чистота, но и благоприятный для человека микроклимат в помещении.

Гипсокартон представляет собой сэндвич-панель, которая состоит из двух слоев картона и прослойки гипса.

В процентном соотношении гипсокартон выглядит следующим образом: 93 % – гипс, 6 % – картон, 1 % – дополнительные материалы. Для дополнительной плотности в гипс подмешивают стекловолокно и специальный армирующий состав, а для плотного прилегания картона к гипсу применяют специальные клеи. Сам картон, который используется при производстве гипсокартона, должен обладать определенными свойствами:

- быть плотным;
- свободно пропускать воздух;
- впитывать влагу при повышенной влажности воздуха и отдавать при пониженной влажности для поддержания оптимального микроклимата;

- иметь гладкую поверхность, на которую можно сразу после монтажа наносить отделку;
- быть гибким.

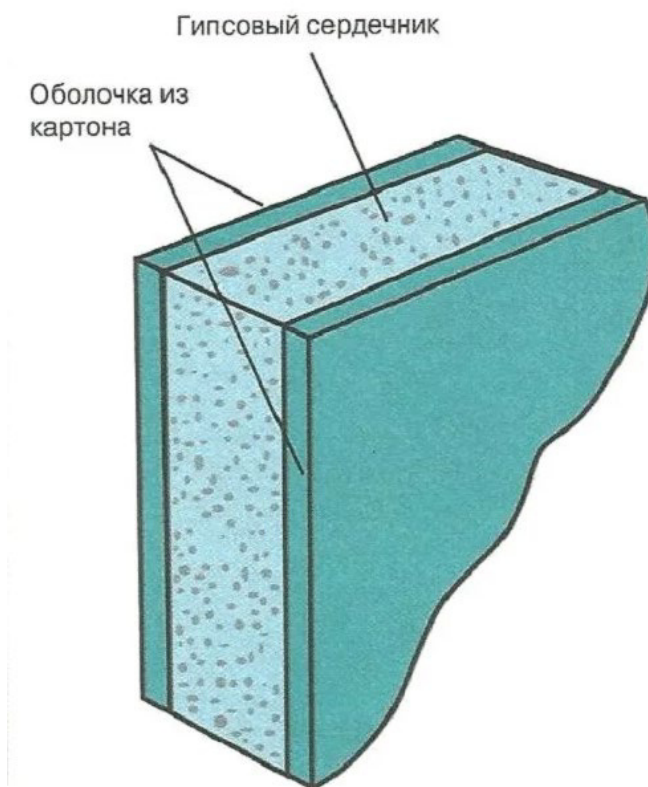


Рисунок 1. Структура гипсокартонного листа

Целью внедрения системы автоматизации является повышение качества изготавливаемой продукции, сокращение затрат на материалы и электроэнергию, обеспечение производства дистанционным управлением и контролем за состоянием каждого оборудования.

Материалы и методы

Технологический процесс производства гипсокартона состоит из следующих операций: приготовление формовочной массы, формирование ленты гипсокартона, разрезание ленты на отдельные листы, сушка листов.

Технологическая схема процесса производства гипсокартонных листов представлена на рисунке 2.

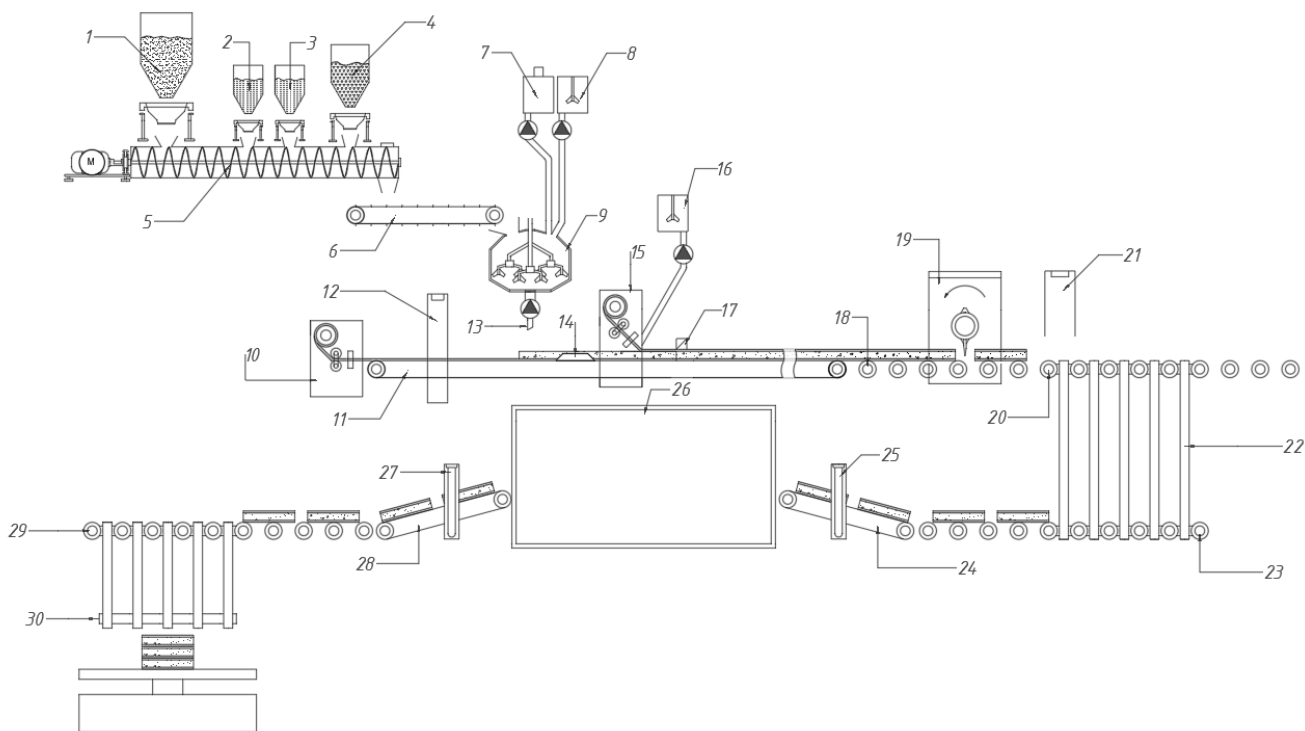


Рисунок 2. Технологическая схема производства гипсокартона

1 – дозатор гипса; 2 – дозатор крахмала; 3 – дозатор ЛСТ; 4 – дозатор стекловолокна; 5 – шнек; 6 – транспортировочный конвейер; 7 – бак с подачей воды; 8,16 – бак с подачей пенообразователя; 9 – мешалка; 10 – разматыватель нижнего листа картона; 11 – кромкообразующий конвейер; 12 – устройство определения присутствия; 13 – устройство подачи смеси; 14 – завальцовывающее устройство; 15 – разматыватель верхнего листа картона, 17 – разглаживающее устройство; 18,23,29 – рольганговый конвейер; 19 – гильотина; 20 – ускоряющий рольганг; 21 – устройство определения брака; 22,30 – поперечный конвейер; 24,28 – мостиковый конвейер; 25,27 – механизм смены положения мостикового конвейера; 26 – сушильная камера; [1].

Алгоритм производства гипсокартонных листов состоит из следующих этапов:

1) Дозировка материалов, подготовка смеси.

На данном этапе осуществляется дозировка сыпучих и жидких материалов, с последующем смешиванием. В состав гипсовой смеси входит: гипс, крахмал, пластификатор ЛСТ, стекловолокно, вода, пенообразователь, эмульсия ПВА. Расход сырья на 1 м² гипсокартона толщиной 9,5мм приведен в таблице 1.

Таблица 1.**Состав сырьевой смеси на изготовление 1 м²**

Сырье	Расход
Гипс(Г4, Г5), кг/м ²	6.8
Эмульсия ПВА, кг/м ²	0.005
Картон, кг/м ²	~ 0.44
Крахмал , кг/м ²	0.006
Стекловолокно, кг/м ²	0.036
Пластификатор ЛСТ кг/ м ²	0.024
Пенообразователь, кг/м ²	0.007
Вода, кг/м ²	4.8

- Эмульсия ПВА применяется для смазывания краев верхнего листа картона/
- Крахмал добавляется для повышения адгезии, и при высыхании гипсокартона крахмал перемещается в сторону бумаги и концентрируется на границе раздела средний слой/облицовка.
- Стекловолокно используют для придания большей прочности гипсокартонным листам/
- Пенообразователи для гипсокартона используются как добавки при производстве гипсокартонных плит. Смысл пенообразователей для гипсокартона является образование богатой и стабильной пены в гипсокартонной каше, что позволяет производить более лёгкие, более стойкие и более крепкие гипсокартонные плиты.

2) Формировка и транспортировка

На конвейере схватывания формируется плоская полоса гипсокартона, с сечением заданной формы. Это происходит следующим образом: из машины подачи картона на формователь подаются нижнее и верхнее полотна картона. В нем между полотнами укладывают заранее приготовленную гипсосмесь.

Верхний слой картона клеевая машина смазывает по краям клеем, а у нижнего слоя происходит завальцовывание краев. Затем оба слоя прикатывают и получают полотно гипсокартона с гипсовым сердечником внутри, которое формируют в необходимый профиль. В процессе движения полотна гипсокартона по ленточному конвейеру гипсовый сердечник предварительно затвердевает до плотности, которая необходимо будет для последующего процесса нарезки.

3) Резка листов

Затем полотно попадает на рольганговый конвейер. На нем производится нарезание его на листы при помощи гильотины. Далее листы гипсокартона попадают на поперечный конвейер и переводятся на мостиковый конвейер (раздатчик), который распределяет листы в сушильную камеру.

4) Сушка листов

Скорость движения листа внутри сушилки уменьшается и лист гипсокартона остается там примерно на час. Температура сушки гипсокартонных листов варьируется от 130°C до 160°C.

Алгоритм работы системы автоматического управления линией по производству гипсокартонных листов следующий:

1. Дозация сыпучих материалов

Процесс дозирования сыпучих материалов с последующим смешиванием и транспортировкой представлен на рисунке 3.

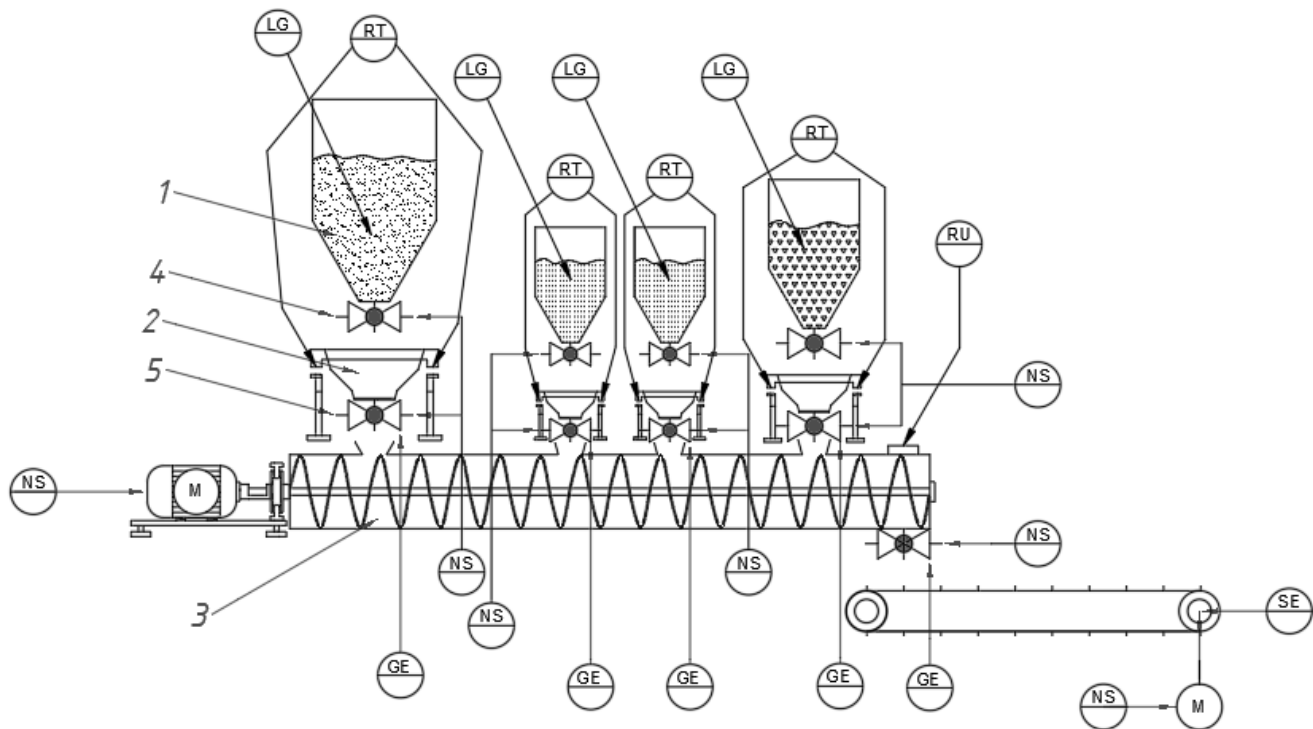


Рисунок 3. Дозация сыпучих метариалов

1 – бункер с материалом; 2 – дозирующий бункер; 3 – шнековый транспортер – смеситель. 4,5 – задвижки.

Устройство дозирующего бункера представлено на рисунке 4.

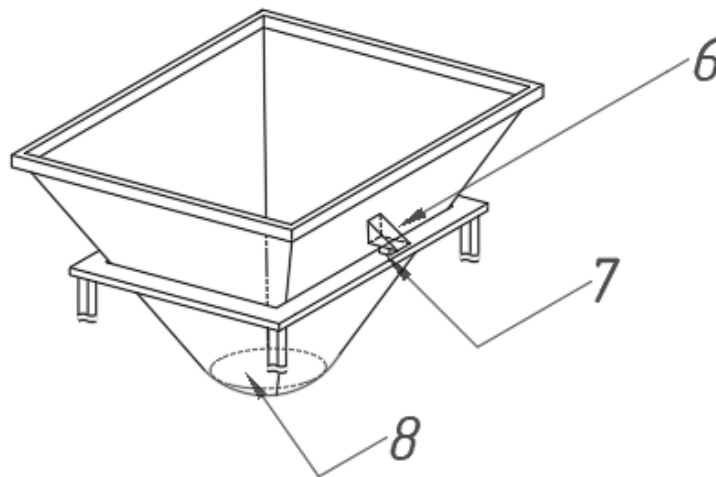


Рисунок 4. Устройство дозирующего бункера

6 – опора; 7 – датчик веса; 8 – шиберная задвижка.

Опора (6) и датчик веса (7) устанавливаются с двух сторон бункера. Для стабилизации бункера устанавливаются амортизирующие устройства.

➤ Алгоритм работы следующий: При запуске производства открываются задвижки (4), и сухой материал, под действием силы тяжести падает в дозирующий бункер (2). На дозирующем бункере, под опорой (6) установлен тензометрический датчик – РТ (7). При наборе бункером определенного веса, а именно: для гипса – 408 кг; для крахмала – 0,36 кг; для стекловолокна – 2,16 кг; для пластификатора – 1,44 кг, датчик посылает сигнал на программируемый логический контролер, после чего закрывается задвижка (4) бункера с материалом и через небольшой промежуток времени открывается задвижка (8) дозирующего бункера. Промежуток времени необходим чтобы: во-первых – в случае неисправности задвижки (4), тензометрический датчик будет фиксировать постоянное увеличение веса, в следствии чего весь процесс останавливается до устранения причины неисправности; во-вторых – время необходимо для того, чтобы падающий материал оказался в дозирующем бункере.

При дозировании сыпучих грузов тензодатчики фиксируют вес материала, который находится фактически в бункере. Если не учитывать вес падающего столба материала, находящегося в воздухе после закрытия задвижки (4), можно получить значительную итоговую ошибку дозирования. Компенсировать массу падающего столба необходимо при формировании задания системе управления. Масса, не измеряемая датчиками веса, уже находится внутри бункера в состоянии падения. Для ее учета необходимо к сигналу обратной связи прибавить величину вычисленной массы падающего столба. В систему управления поступает измеренная величина массы дозируемого материала в бункере. Если известен насыпной вес дозируемого материала и бункер выполнен в виде параллелепипеда, то массу падающего столба можно рассчитать по формуле 1:

$$m_{ст} = S_{ст} \cdot h_{ст} \cdot \gamma, \quad (1)$$

где:

$S_{ст}$ – площадь падающего столба;

$h_{ст}$ – высота падающего столба;

γ – вес дозируемого материала. [2]

Также в бункере с материалом устанавливается один датчик уровня – LG, на уровне 25 % от полного объема. В случае срабатывания, датчик посылает сигнал на контроллер, вследствие чего загорается сигнальная лампа. Материал досыпается. При отправке сигнала на задвижки (8), срабатывает датчик положения – GE, данный датчик посылает сигнал на ПЛК, после чего сам контроллер отправляет сигнал на включение шнека (3). Если хотя бы один датчик положения не сработал, сигнал на включение шнека отправлен не будет.

Для одновременного контроля подпора и работы винтового шнека используется многофункциональный датчик серии РДД – RU на рис. 1.1. Принцип работы датчика основан на изменении частоты радиосигнала, отраженного от движущегося объекта. Датчик настроен на движение верхних лопастей шнека. При неисправности шнека, датчик посылает сигнал на ПЛК, вследствие чего загорается лампа. Скопление материала между шнеком и датчиком приводит к снижению уровня радиосигнала, отраженного от лопастей, в этом случае датчик посылает сигнал на открытие задвижки. После открытия задвижки шнека, идет включение транспортировочного конвейера, работа которого контролируется датчиком скорости – SE. В случае неисправности привода лены, датчик SE посылает сигнал на контроллер, вследствие чего отключается привод ленты. Сыпучий материал по конвейерной ленте попадает на следующий этап – смешивание с жидкими добавками.

2. Смешивание компонентов, дозация жидких материалов

Процесс дозации жидких добавок с последующим их смешиванием представлен на рисунке 5.

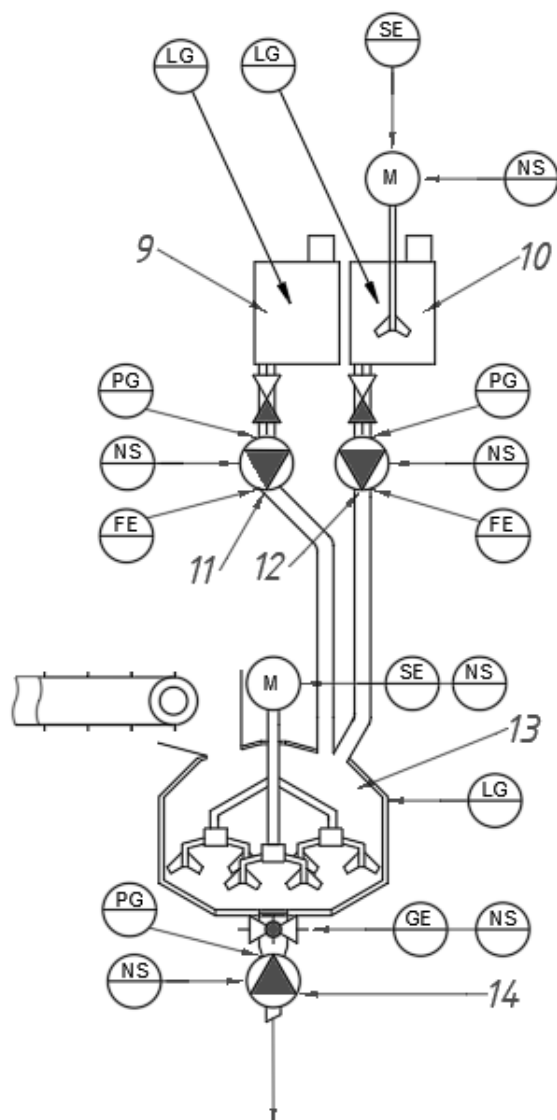


Рисунок 5. Дозация и смешивание жидких добавок

9 – бункер с водой; 10 – бункер с мешалкой для пенообразователя; 11 –насос; 12, 14 - винтовой вакуумный насос; 13 – мешалка.

➤ Алгоритм работы следующий: смесь сыпучих материалов с конвейера поступает в мешалку (13), где установлен датчик уровня – LG. При срабатывании, датчик посылает сигнал на включение насосов (11,12), которые перекачивают содержимое бункеров (9,10) в мешалку. Насосы работают до тех пор, пока расходомеры – FE не отправит сигнал о расходе нужного количества добавок: для воды – 288 м³; для пенообразователя – 0,42 м³. Исправность работы насосов контролируется установленным выше по трубе датчиками давления – PG. При достижении необходимого давления в трубе загораются

сигнальные лампы зеленого цвета, в случае исправной работы насосов, и красного цвета, в случае, если заданное значение давления в трубе не достигнуто. При исправной работе насосов, от PG идет сигнал на включение двигателя мешалки. На смешивание всех компонентов уходит 5 минут. Контроль за работой двигателей мешалки и бункера с пенообразователем осуществляется с помощью датчика контроля скорости вращения – SE. Далее полученная смесь поступает на конвейер схватывания.

3. Формирование и резка гипсокартона на листы

Процесс формирования и резки гипсокартона на листы представлен на рисунке 6.

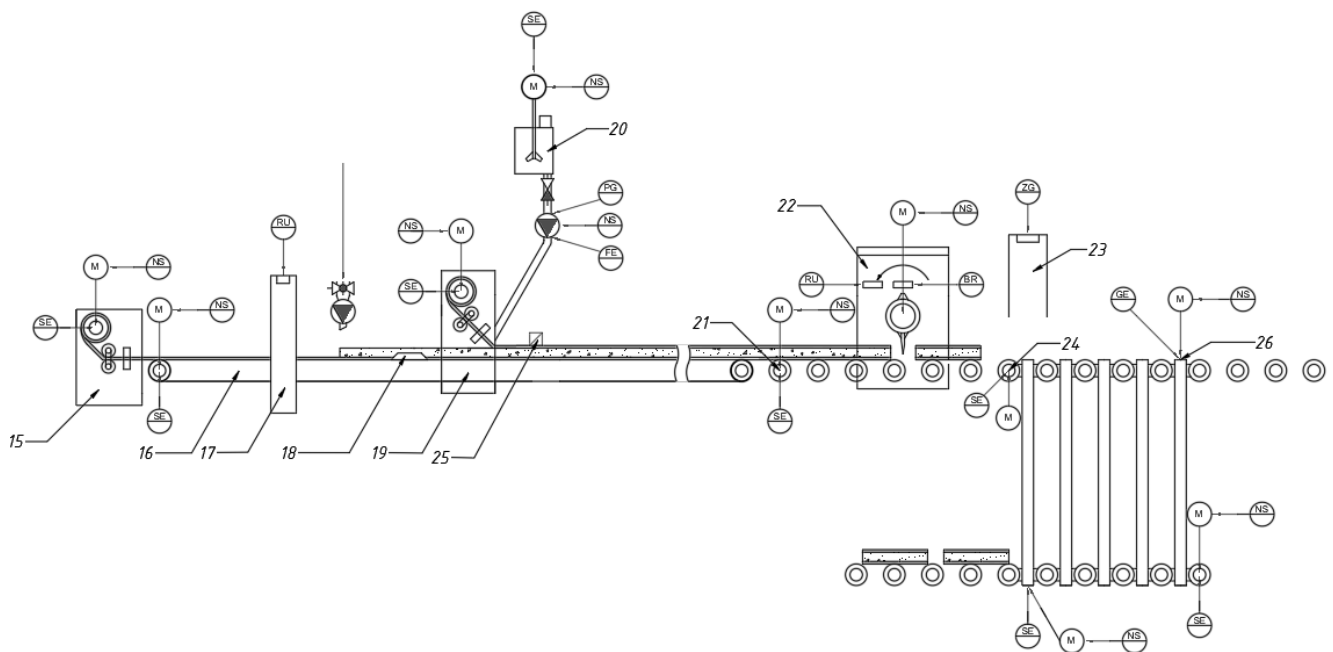


Рисунок 6. Формирование и резка

15 – разматыватель нижнего листа картона; 16 – конвейер схватывания; 17 – установка присутствия; 18 – деталь завальцовывания; 19 – разматыватель верхнего листа картона; 20 – бункер с клеем; 21 – рольганговый конвейер; 22 – гильотина; 23 – установка определения брака; 24 – ускоряющий рольганг; 26 – поперечный конвейер; 25 – разглаживающее устройство.

➤ Алгоритм работы следующий: по истечении времени на перемешивания компонентов, бобинорезательная машина (15) начинает подавать нижний слой картона на конвейер схватывания (16). Привод машины

также контролируется датчиками контроля скорости вращения – SE. На конвейере схватывания находится установка с радиочастотным датчиком RU (17). Датчик определяет присутствие на конвейере картона, и отправляет сигнал на открытие задвижки и включение насоса (14) – рисунок 3.6. Далее происходит завальцовывание нижнего слоя картона, для образования кромки. Одновременно с включением насоса (14) начинает подаваться верхний слой картона. Верхний слой картона с двух краем смазывается клеем ПВА, поступающем из бункера (20). Затем оба слоя прикатывают (25) и получают полотно гипсокартона с гипсовым сердечником внутри. В процессе движения полотна гипсокартона по ленточному конвейеру гипсовый сердечник предварительно затвердевает до плотности, которая необходимо будет для последующего процесса нарезки.

Принцип работы вращающейся гильотины следующий: на валу гильотины стоит абсолютный энкодер BR – датчик, позволяющий определять угол поворота вала в любой момент времени, а также контролировать работу привода. Двигатель гильотины подключается с помощью частотного преобразователя, что позволяет синхронизировать скорость вращения вала и скорость движения конвейерной ленты с гипсокартоном. Перед гильотиной стоит датчик присутствия материала на конвейерной ленте – RU. При срабатывании датчик посылает сигнал на включение гильотины. Первым разрезом гильотина отрезает неровную часть гипсокартона, оставляя ровный край для первого листа.

Преобразователь частоты настраивается таким образом, что при нахождении гильотины в верхнем положении (лезвием вверх) частотный преобразователь усиливает сигнал до нужного значения (равной скорости конвейерной ленты), в результате чего происходит резка ГК, параллельно со скоростью его движения. При прохождении лезвием нижней точки, энкодер фиксирует положение, и частотный преобразователь сбрасывает обороты до подъема лезвия в верхнее положение. Скорость вращения вала после резки зависит от нужного размера ГКЛ – рисунок 7.

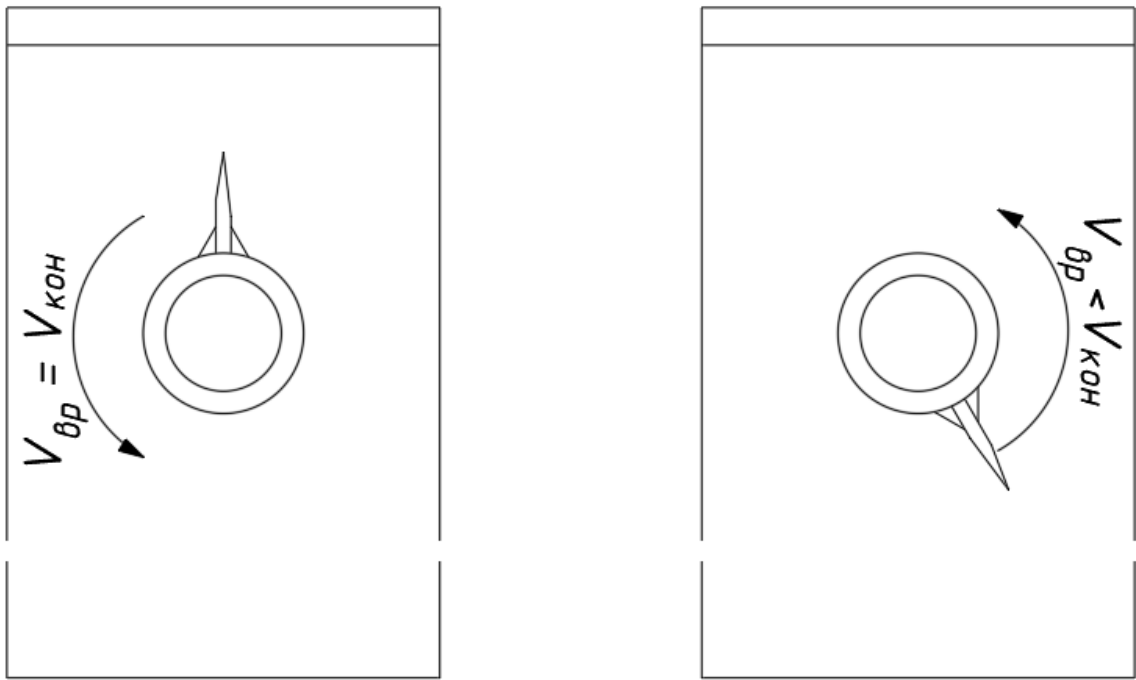


Рисунок 7. Гильотина, принцип работы

После резки, листы проходят установку определения брака. На установке находится датчик определения размеров – ZG. Датчик запрограммирован на определенный размер листа, с учетом погрешностей. При выявлении датчиком брака, подается сигнал на опускание поперечного конвейера, и некачественный материал проезжает дальше по рольганговому конвейеру. Работа поперечного конвейера контролируется датчиком положения GE. Если датчик ZG не выявил брак, то лист поступает на поперечный конвейер и попадает на следующий этап – сушка.

4. Сушка гипсокартонных листов

Процесс сушки представлен на рисунке 8.

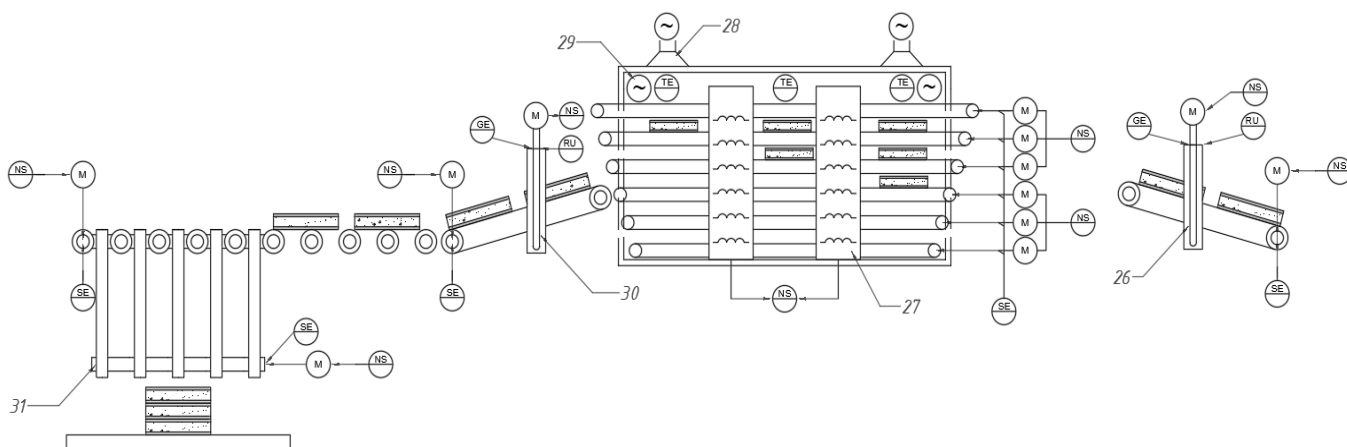


Рисунок 8. Сушка листов

26,30 – консольные конвейеры; 27 – нагревательный элемент; 28 – вытяжка; 29 – циркуляционный вентилятор; 31 – поперечный конвейер.

➤ Включение консольных конвейеров (26,30) происходит после первого срабатывания гильотины. Загрузка гипсокартонных листов в сушильную камеру начинается с верхнего конвейера сушилки. Датчик положения – GE фиксирует 6 положений конвейера. Датчик присутствия материала – RU на конвейерной ленте позволяет осуществлять поочередную смену положений консольного конвейера (26) – одна партия ГКЛ проехала, датчик фиксирует отсутствие на ленте материала и подает сигнал на смену положения конвейера. Разгрузочный консольный конвейер (30) работает по такому же принципу.

Сушка гипсокартонных листов осуществляется при температуре от 130 до 160°C. Принцип работы сушильной камеры следующий: Запуск нагревателей (27), циркуляционных вентиляторов (28) и конвейеров сушильной камеры происходит также после первого срабатывания гильотины, по сигналу от энкодера. В сушильной камере установлено 3 датчика температуры – TE. Датчики фиксируют температуру в 145°C и отправляют сигнал на отключение нагревателей. В случае, если температура в сушильной камере превысила

заданное значение – идет включение вытяжных установок. В случае, если температура в сушильной камере снизилась меньше 130°C – идет включение нагревательных элементов. Циркуляционные вентиляторы позволяют равномерно распределять тепло по сушильной камере.

Результаты

Внедрение системы автоматизации с использованием частотных преобразователей, а также элементов системы, указанных выше позволяет экономить электроэнергию и материалы, используемые при производстве ГКЛ, наглядно экономия ресурсов представлена на рисунке 9.



Рисунок 9. Экономия ресурсов

Заключение

В результате внедрения системы автоматического управления с использованием современных элементов системы, удалось оптимизировать процесс производства гипсокартонных листов, исключить человеческий фактор и добиться необходимого качества изготавливаемой продукции. Использование современных технологий также позволяет подключить все элементы системы

автоматического управления к системе диспетчеризации для удаленного управления процессом, а также мониторинга параметров процесса в режиме реального времени.

Библиография

1. Функциональная схема и технологические средства автоматизации – автоматизированная система производства гипсокартона. Интернет-портал. – URL:https://studbooks.net/2578025/tovarovedenie/funktsionalnaya_shema_tehnicheskie_sredstva_avtomatizatsii (дата обращения: 04.07.2022).

2. Ляпушкин С.В. Повышение эффективности управления электроприводом автоматизированного комплекса дозирования сыпучих материалов. Томск, 2015.

3. Хомченко В.Г. Автоматизация технологических процессов/ Федотов А.В. Изд.1-е. М.: Знание, 1987. - 192 с.

ОЧИСТКА ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНОВ ТБО С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБРАТНОГО ОСМОСА И ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ КОНЦЕНТРАТА

Ширкова Т.Н., НИУ МГСУ, г. Москва

Научный руководитель: **Первов А.Г.**, д-р тех. наук НИУ МГСУ, г. Москва

Аннотация

Сточные воды полигонов хранения твердых бытовых отходов (фильтраты ТБО) содержат в высоких концентрациях органические продукты разложения отходов, минеральные соли. С целью снижения затрат на мембранные аппараты исследована возможность применения нанофильтрационных мембран на первой ступени очистки фильтрата ТБО. Рассмотрены вопросы оптимизации расходов на утилизацию концентрата для случаев полной утилизации концентрата с его выпаркой до получения сухих солей и возврата концентрата в «тело» полигона.

Abstract

Landfill leachates contain high concentrations of dissolved organics, salts as well as ammonia. To reduce membrane costs, the use of nanofiltration membranes on the first stage of landfill leachate treatment was investigated. Optimization of concentrate flow rates for cases: complete concentrate utilization with further evaporation and dry salts production, and discharge on landfill body are discussed.

Ключевые слова: обратный осмос, нанофильтрация, фильтрат полигонов хранения твердых бытовых отходов, увеличение выхода фильтрата, снижение производительности мембран, селективность мембран, затраты на замену мембран.

Keywords: reverse osmosis, nanofiltration, landfill leachate, recovery increase, membrane flux decrease, membrane rejection, membrane replacement costs.

Введение

Сточные воды полигонов хранения твердых бытовых отходов (фильтрат ТБО) содержат в высоких концентрациях органические продукты разложения отходов и минеральные соли [1–3]. Самым популярным методом очистки фильтратов полигонов ТБО является метод обратного осмоса. Использование двух-трехступенчатых схем позволяет обеспечить очистку до значений, соответствующих нормативам по сбросу в окружающую среду. При использовании вышеуказанных схем количество концентрата на выходе составляет не менее 30 % от исходного количества фильтрата [4]. Рассмотрены вопросы оптимизации расходов на утилизацию концентрата для случая полной утилизации концентрата с его выпаркой до получения сухих солей и для случая возврата концентрата в «тело» полигона.

Для повышения эффективности очистки фильтрата полигонов ТБО предлагается схема с радикальным сокращением расхода концентрата до величины не более 5% от исходного расхода и вывоз-утилизация концентрата совместно с обезвоженным осадком [2]. Увеличить величину выхода фильтрата можно, применяя низкоселективные нанофильтрационные мембраны на первой ступени очистки [5,6].

Для дальнейшей утилизации концентрата предлагается технология по разделению его на концентрат органических веществ и солевой раствор хлорида кальция и хлорида аммония. Для этого концентрируем, потом в 5-10 раз разбавляем полученный концентрат чистой водой. Органика концентрируется, а соли проскакивают через мембрану. Раствор, содержащий хлорид аммония, концентрируется до показателей 70-80 граммов в литре. В итоге получаем концентрат аммония, который можно использовать как удобрение, и концентрат органики (50-60 граммов в литре), который можно утилизировать вместе с осадком сточных вод или направлять на биологическую очистку [7].

Согласно рекомендациям справочника НДТ ИТС 17-2021 «Размещение отходов производства и потребления», который разработан в соответствии с ГОСТ Р 113.00.03-2019 «Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника» НДТ 2.14 «Рециркуляция фильтрационных и дренажных вод при размещении твердых коммунальных отходов» фильтрационные воды полигонов ТБО после очистки рекомендуется перекачивать насосом из емкостей для накопления на верхнюю площадку участка размещения отходов с дальнейшим распылением их по поверхности массива отходов.

Для данного случая проведены оптимизационные исследования, позволившие определить расход концентрата, соответствующий минимальной стоимости установки обратного осмоса.

Материалы и методы

Параметры для расчета установок определялись в лаборатории на экспериментальном стенде, который представлен на рисунке 1. Исходная вода (фильтрат полигона ТБО) помещался в бак исходной воды, откуда насосом подавалась в мембранный аппарат. В аппарате производилось разделение на очищенную воду (фильтрат) и концентрат. Концентрат возвращался обратно в бак, а фильтрат собирался в баке фильтрата. Рабочий насос - шестеренчатый насос модели RO-900-220 производства компании Райфил (РФ). Для эксперимента применялись мембранные элементы стандарта 1812 с нанофильтрационными мембранами типа 70 NE, обратноосмотическими мембранами низкого давления типа BLN, а также с высокоселективными мембранами типа BE. По мере накопления фильтрата в баке фильтрата объем исходной воды в баке исходной воды уменьшался и значения концентраций растворенных солей и органических веществ, увеличивались, а производительность мембранного аппарата по очищенной воде падала. Отношение объема исходной воды V_i к объему воды в баке исходной воды в тот момент эксперимента, когда отбиралась проба, V_k , названо коэффициентом

концентрирования $K = V_{и}/V_{к}$. Значения коэффициента концентрирования K связаны со значениями величины выхода пермеата установки обратного осмоса (отношения расхода фильтрата $Q_{ф}/Q_{и}$) соотношением: $Q_{ф}/Q_{и} = (K - 1)/K$. На первой стадии экспериментов объем исходной воды уменьшался с 20 литров до 0,5 литра. Для экспериментов на второй стадии (моделирующих вторую ступень очистки) использовались 16 литров фильтрата, полученные на первой стадии экспериментов при уменьшении объема исходной воды в баке исходной воды в 5 раз, что соответствует величине выхода фильтрата на первой ступени 80 % ($Q_{ф}/Q_{и} = 0,8$). При более высоких значениях величины K качество фильтрата низкоселективных наночисточных мембран приближается к качеству исходной воды.

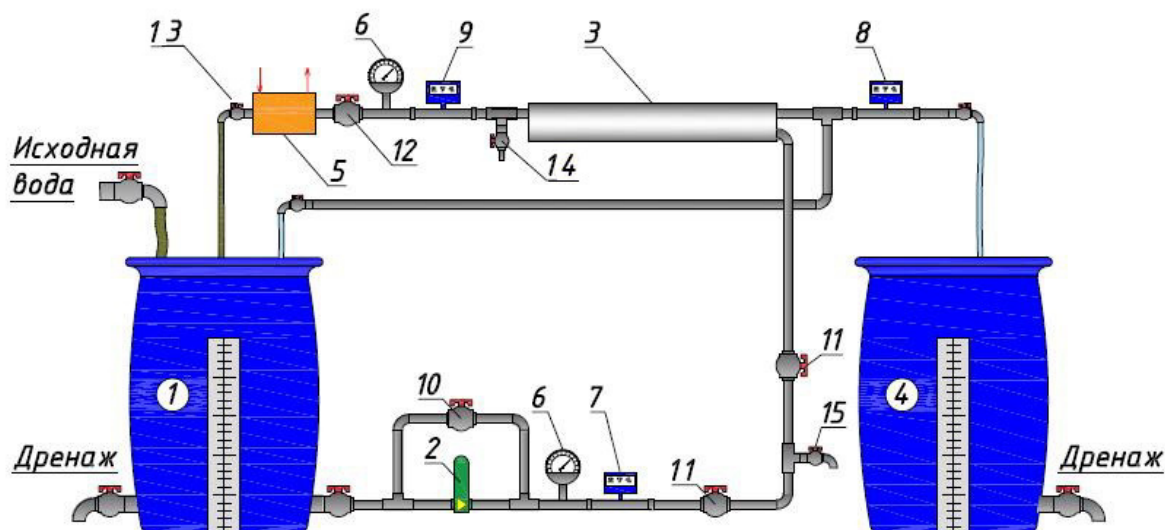


Рисунок 1. Экспериментальная установка для определения параметров работы мембран при разделении фильтрата ТБО: 1 – бак исходной воды; 2 – насос; 3 – мембранный элемент в напорном корпусе; 4 – бак фильтрата; 5 – теплообменник; 6 – манометр; 7, 8, 9 – расходомеры; 10 – кран байпаса; 11 – вентиль регулировки расхода исходной воды; 12 – вентиль регулировки рабочего давления и расхода концентрата; 13 – кран регулировки расхода охлаждающей воды; 14,15 – пробоотборники.

Результаты

Усовершенствованная схема сокращения расхода концентрата с применением наночисточных мембран с низкой селективностью на 1 ступени приведена на рисунке 2.

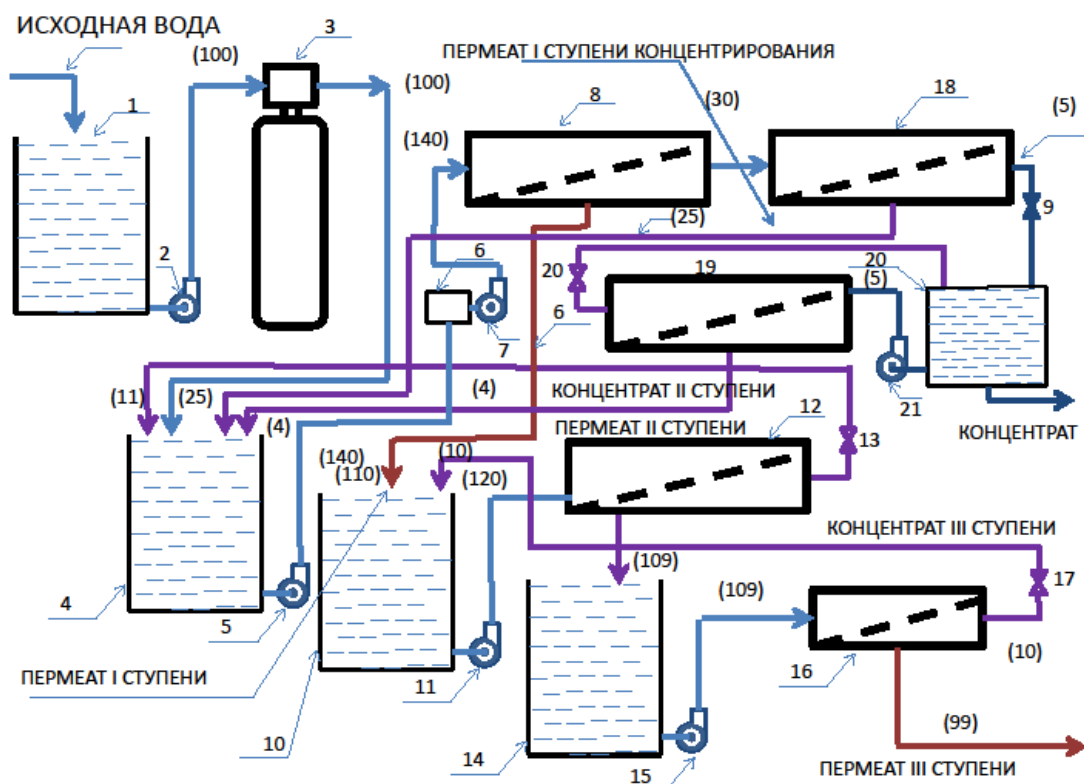
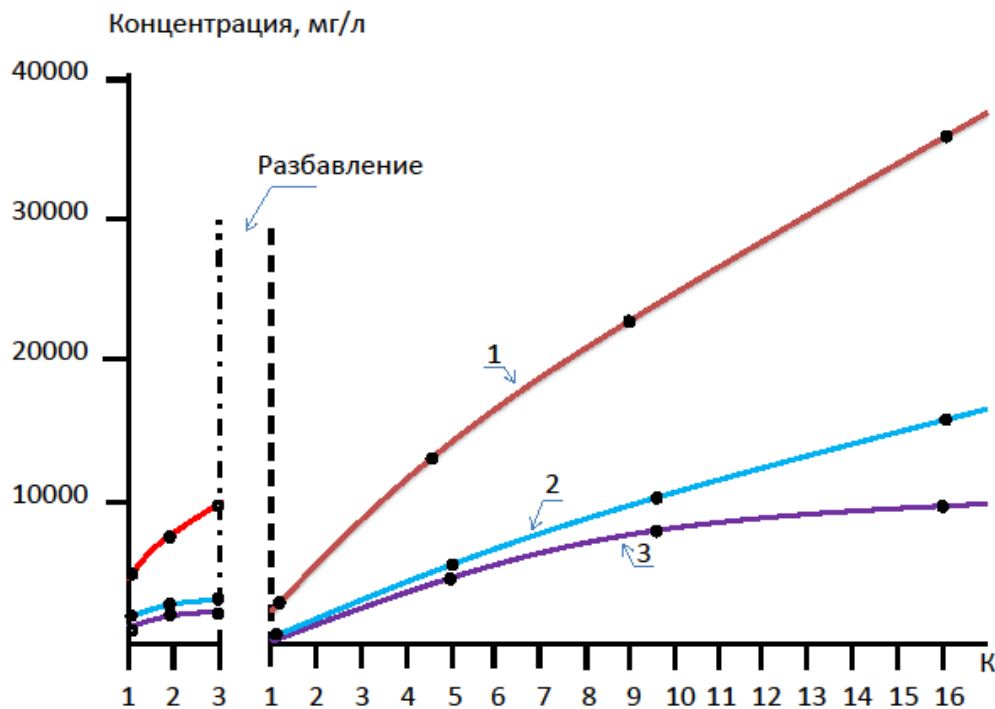


Рисунок 2. Усовершенствованная схема сокращения расхода концентрата с применением нанопермембранных мембран с низкой селективностью.

1 - бак исходного фильтрата, 2 - подающий насос, 3 - механический фильтр, 4 - бак осветленного фильтрата после удаления взвеси, 5 - «бустерный» насос, 6 - дисковый микрофильтр, 7 - рабочий насос первой ступени высокого давления, 8 - мембранный аппарат первой ступени с высоконапорными мембранами обратного осмоса, 9 - регулирующий вентиль давления первой ступени, 10 - бак сбора пермеата первой ступени, 11- рабочий насос второй ступени, 12 - аппарат второй ступени с мембранами низкого давления, 13 - регулирующий вентиль давления второй ступени, 14 - бак сбора пермеата третьей ступени, 15 -рабочий насос третьей ступени, 16 - аппарат третьей ступени с мембранами низкого давления, 17 - регулирующий давление вентиль третьей ступени, 18 - аппарат-концентратор снижения расхода концентрата первой ступени, 19 - бак сбора концентрата первой ступени, 20 - рабочий насос аппаратов установки утилизации концентрата первой ступени, 21 - регулирующий давление вентиль ступени утилизации концентрата

На рисунке 3 представлены графики зависимости значений концентраций ХПК, хлорида аммония от значения коэффициента снижения объема К (отношение исходного объема концентрата к объему концентрата в конце эксперимента). Таким образом мы разделяем иловую воду на 3 части: чистая

вода (96-98%), концентрат органических веществ (ХПК 70 000 мг/л) 1-2 % от общего расхода, солевой раствор смеси хлорида кальция и хлорида аммония (80 000 мг/л) 1-2 % от общего расхода.



1 - ХПК ;2 – аммоний ;3 - хлориды

Рисунок 3. Зависимость значений концентраций ХПК, хлоридов аммония от значения коэффициента снижения объема К (отношения исходного объема концентрата к объему концентрата в конце эксперимента)

На рисунке 4 приведен график изменения производительности установки с учетом сброса. На рисунке 4.1 представлен график изменения стоимости установки обратного осмоса в зависимости от выхода фильтрата установки – определение минимума, на рисунке 4.2 – изменение стоимости с учетом сброса концентрата в «тело» полигона.

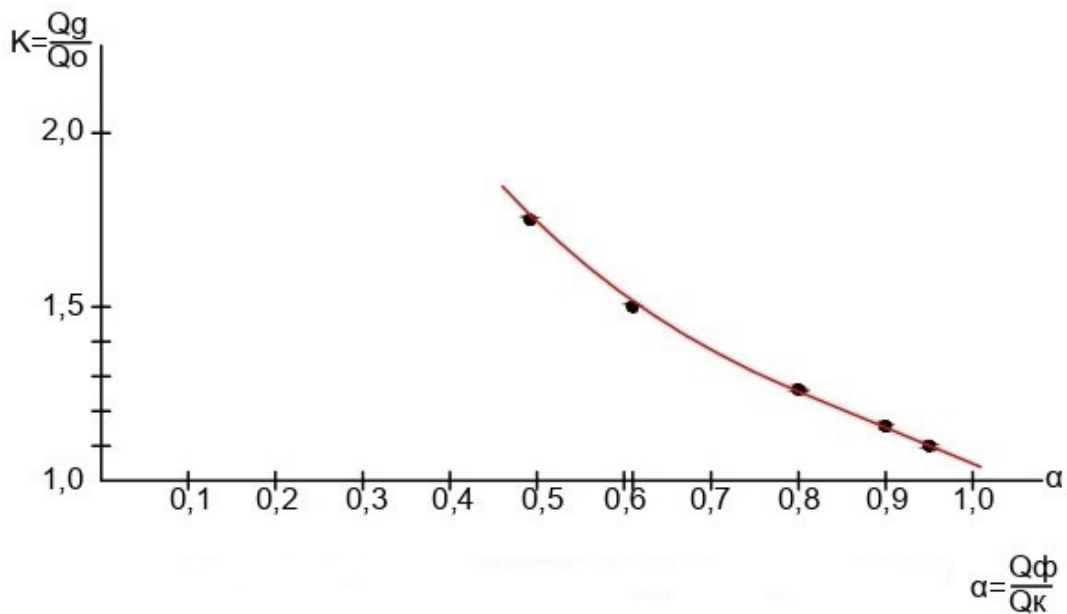


Рисунок 3. Изменение (увеличение) производительности установки с учетом сброса

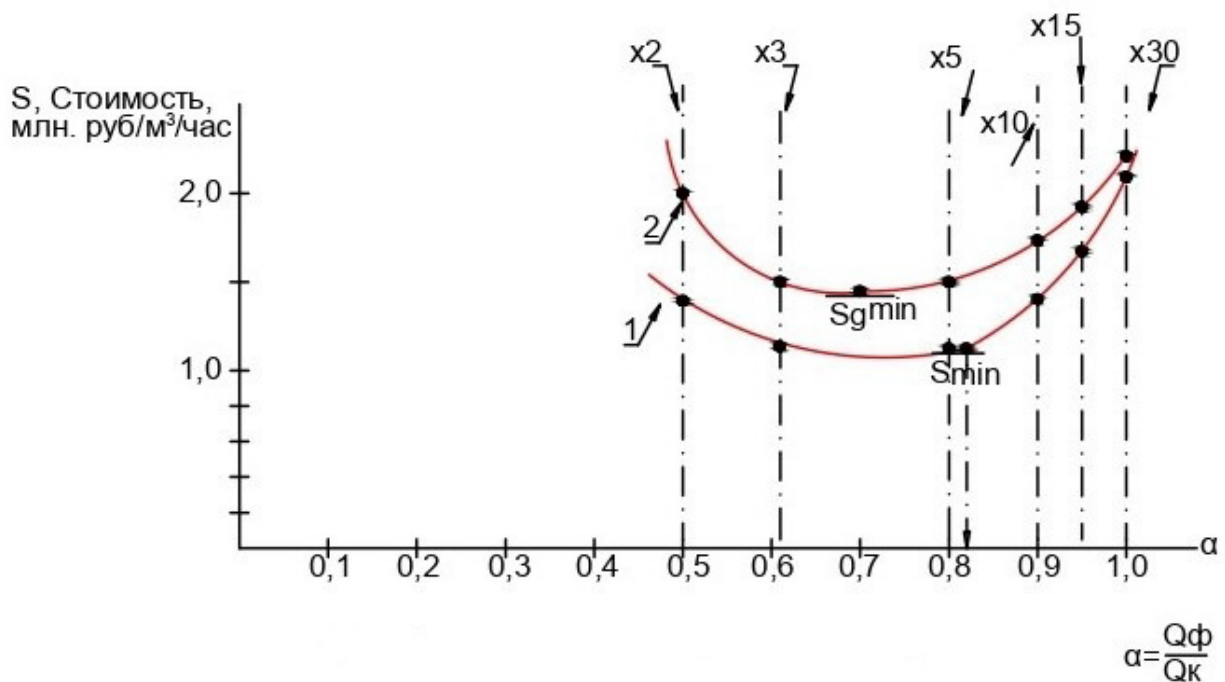


Рисунок 4. 1- изменение стоимости (удельных капитальных затрат) в зависимости от величины выхода фильтрата установки - определение минимума; 2 – изменение стоимости с учетом сброса концентрата в «тело» полигона

При сбросе концентрата в «тело» полигона нагрузка на установку постоянно растет стоимость установки (производительность) увеличивается.

Заключения

1. При обработке фильтрата ТБО для сокращения расхода концентрата установки обратного осмоса целесообразно применять нанофильтрационные мембраны на первой ступени очистки. Применение данного типа мембран существенно снижает величину эксплуатационных затрат при очистке фильтратов.

2. В случае утилизации концентрата установки обратного осмоса целесообразно разделить концентрат на два потока: поток с содержанием органических веществ и поток с содержанием минеральных солей.

3. В случае возврата концентрата в «тело» полигона необходимо определить выгодное количество концентрата, которое будет соответствовать минимальной стоимости установки обратного осмоса.

Библиография

1. Angelo Chiannese, Rolando Ranauro, Nicola Verdone. Treatment of landfill leachate by reverse osmosis. February 2013, Water Research 33(3): 647-652. DOI:10.1016/S0043-134(98)00240-1.

2. Mariam T., Nghiem L.D. Landfill leachate treatment using hybrid coagulation-nanofiltration processes. Desalination 2010, 250, 677-681.

3. Sun W.Y., Kang M.S., Yim S.K. Choi K.H. Advances Landfill Leachate treatment using an integrated membrane processes. Desalination, (2002), v. 149, p. 109-114.

4. Wilf M. The guidebook to membrane for wastewater reclamation. Balaban Desalination Publishing, 2010. V.788.

5. Первов А.Г., Ширкова Т.Н., Спицов Д.В. Экономические аспекты очистки фильтратов полигонов хранения твердых коммунальных отходов с применением мембран. Вестник МГСУ №6. 2021.С. 698-719

6. Первов А.Г., Ширков Т.Н. Сокращение расходов концентратов установок обратного осмоса, используемых для очистки сточных вод,

содержащих органические загрязнения. Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов №4(132). Уфа. 2021. С.36-50.

7. Ширкова Т.Н. Разделение концентрата установок очистки фильтратов ТБО на растворы органических веществ и хлориды аммония. Яковлевские чтения. Сборник докладов XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева (г. Москва, 15 марта 2020 г.). Москва. 2021. С. 265-272.