

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
КОНЦЕРН БРЕСТЭНЕРГО

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ



ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ
ОТРАСЛЯХ

Материалы научного семинара

Брест, 2021

УДК 620.9

ББК 72.33

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 19 марта 2021 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2021. – 138 с.

В настоящем сборнике публикуются материалы научного семинара на тему «Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях», который состоялся в Брестском государственном техническом университете 19 марта 2021 года. Издание адресуется преподавателям учебных заведений, студентам вузов, магистрантам, аспирантам, всем, кто интересуется проблемами энергетической безопасности.

Публикация материалов рекомендована кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции (протокол заседания кафедры №7 от 10.03.2021 г).

Издание материалов научного семинара осуществлено за счет финансовой поддержки со стороны Республиканского унитарного предприятия электроэнергетики «Брестэнерго».

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| Северянин В.С. | 6 |
| НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК..... | 6 |
| Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Новосельцев В.Г., Торхова А.В. | 8 |
| ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРОПРОНИЦАНИЯ УТЕПЛЕННЫХ КИРПИЧНЫХ СТЕН НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ | 8 |
| Житенёв Б.Н., Сенчук Д.Д. | 10 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА..... | 10 |
| Веремейчик А.И., Онысько С.Р., Сазонов М.И., Хвисевич В.М., Томашев И.Г. | 13 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭРОЗИИ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ..... | 13 |
| Новосельцева Д.В. | 19 |
| ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ..... | 19 |
| Чернюк В.П., Шляхова Е.И., Мельничук В.Н. | 21 |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ | 21 |
| Янчилин П.Ф. | 25 |
| СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ГЕЛИОУСТАНОВКИ «ЛУЧ»..... | 25 |
| Савчук Т.П. | 27 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В БЕЛАРУСИ | 27 |
| Молош В.В., Томашев И.Г. | 29 |
| ПЛОСКАЯ СТЕРЖНЕВАЯ АППРОКСИМАЦИЯ КОНТИНУАЛЬНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭЛЕМЕНТА В РАСЧЁТАХ СОПРОТИВЛЕНИ СРЕЗУ | 29 |
| Лешко Г.В., Игнатюк Т.В., Добродей С.М. | 33 |
| РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ДОРОЖНИКОВ | 33 |
| Андреюк С.В., Гнедько М.А. | 34 |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ НИТРАТОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО АНИОННОГО СОСТАВА | 34 |
| Галимова Н.П. | 36 |
| АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА БЕЛАРУСИ | 36 |
| Новосельцев В.Г., Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Торхова А.В. | 40 |
| НАПРАВЛЕНИЯ, МЕРОПРИЯТИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЖИЛЫХ ДОМАХ..... | 40 |
| Томашева Е.В. | 42 |
| ОПТИМИЗАЦИЯ УРОВНЯ ЗАПАСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ ПО МЕТОДУ АВС | 42 |
| Новосельцева А.Г. | 46 |
| ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ..... | 46 |
| Клюева Е.В., Сальникова С.Р., Янчилин П.Ф. | 47 |
| ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ | 47 |
| Бондарь А.В. | 50 |
| АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК | 50 |

| | |
|--|-----------|
| ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТОВ | 53 |
| Батурова А.В., Огиевич Н.В. | 54 |
| ПОДБОР ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ФИЗКУЛЬТУРНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА..... | 54 |
| Петручик М.М. | 57 |
| СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ПОКВАРТИРНОЙ РАЗВОДКОЙ..... | 57 |
| Эйсмонт Е.Д., Гвоздь А.В. | 61 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ НАСЕЛЁННЫХ ДОМОВ В СТРАНАХ СНГ | 61 |
| Батурова А.В. | 63 |
| РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ УСТАНОВОК ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ | 63 |
| Крук А.В. | 66 |
| ВАРИАНТЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ..... | 66 |
| Батурова А.В., Гришкевич М.Ю. | 67 |
| ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ | 67 |
| Лавринович А.Н., Шелетуха В.О. | 70 |
| СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ..... | 70 |
| Огиевич Н.В., Батурова А.В. | 74 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХООБМЕНА ДЛЯ БОЛЬШИХ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ОБЪЕМУ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕ | 74 |
| Рахлей А.С., Смирнова Ю.А. | 77 |
| СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЛОТЕНЕЦЕСУШИТЕЛЕЙ | 77 |
| Петрукович А.С. | 79 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЙРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА | 79 |
| Огиевич Н.В. Батурова А.В. | 82 |
| СТОИМОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ БОЛЬШИХ ПОМЕЩЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕМ..... | 82 |
| Катаржнова В.А. | 85 |
| МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДА..... | 85 |
| Гришкевич М.Ю., Чубрик А.Н. | 88 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИАГОНАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНЕРА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА | 88 |
| Шпильчук С.А. | 92 |
| ПРОФИЛАКТИКА ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ COVID-19 | 92 |
| Степанюк А.В., Чубрик А.Н., Огиевич Н.В. | 95 |
| РАСЧЁТ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА..... | 95 |
| Гришкевич М.Ю., Чубрик А.Н. | 98 |
| ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА В СОСТАВЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА | 98 |

| | |
|--|-----|
| Крук А.В. | 104 |
| ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА | 104 |
| Каперейко Ю.В., Гринько Е.О. | 107 |
| ИЗУЧЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ | 107 |
| Лопачук С.А. | 108 |
| КЛАССИФИКАЦИЯ, МОДИФИКАЦИЯ И РАСЧЁТ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОДИФИКАЦИИ..... | 108 |
| Огиевич Н.В. | 112 |
| СТОИМОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ БОЛЬШИХ ПОМЕЩЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ..... | 112 |
| Чубрик А.Н. Степанюк А.В. Огиевич Н.В..... | 115 |
| РАЗНОВИДНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ | 115 |
| Джейгало В.В., Жук В.Г..... | 118 |
| АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ОГРАЖДЕНИЯ | 118 |
| Смирнова Ю.А..... | 120 |
| ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕКУЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ ЗАМЕНЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТИПА | 120 |
| Петручик М.М. | 123 |
| ВЫБОР ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ТОРГОВОГО ОБЪЕКТА..... | 123 |
| Огиевич Н.В. Степанюк А.В. Чубрик А.Н..... | 127 |
| СРАВНЕНИЕ ГАЗОВОГО И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЧАСТНОГО ДОМА..... | 127 |
| Лавринович А.Н., Шепетуха В.О. | 129 |
| ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПРИ НАЛИЧИИ В НИХ ВОЗДУШНЫХ ПРОБОК..... | 129 |
| Батунова А.В., Огиевич Н.В. | 132 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ СИСТЕМОЙ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА | 132 |
| Гришкевич М.Ю. Батунова А.В..... | 135 |
| КАК ВРЕЗАТЬСЯ В ГАЗОПРОВОД: ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ..... | 135 |

Северянин В.С.

НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Брестский государственный технический университет, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, доктор технических наук, профессор

Общепринято, что фундаментальные науки — это как бы любознательность человечества, это как организованная, так и неорганизованная научная деятельность, стремящаяся раскрыть новые закономерности, при этом не ставится задача, решение которой означало бы готовый экономический эффект. Современные фундаментальные науки — это не просто размышления, заканчивающиеся озарением, это — сложнейшая компьютерная техника, стенды, приборы, аппараты, это настолько сложные и дорогие сооружения (исследования элементарных частиц, внутриядерных взаимодействий, галактических процессов, биологических явлений и т.д.), что вопрос об окупаемости затрат даже не ставится. Вместе с тем понятно, что, не имея средств на исследования, не получишь и результатов.

Известен постулат о том, что наука является непосредственно производительной силой. Эту функцию берут на себя, в частности, технические науки, которые являются переходом от абстрактных исследований к конкретной экономической ситуации.

Внедрение в экономику страны передовых технологий, машин, процессов, созданных на базе фундаментальных теоретических и экспериментальных научных достижений, дающих принципиальный, революционный скачок в экономических показателях, позволяет иметь средства, покрывающие упомянутые затраты. Этим обеспечивается дальнейшее развитие и технических наук. Сочетание движения двух методологических потоков науки дает эволюционный прогресс общества.

Эти общеполитические рассуждения рисуют лишь общую картину развития технических прикладных наук. В конкретной стране, в данный исторический период могут появляться особенности, ускоряющие или замедляющие общий процесс.

В Республике Беларусь в настоящее время следует признать опережающее развитие фундаментальных наук по сравнению с техническими. Объяснение этому — наличие высокообразованного научного кадрового потенциала, четкая плановая и финансовая организация исследований, работа информационных служб на высоком уровне, всемерное использование компьютерной техники, концентрация средств только на некоторых теоретических и, главное - экспериментальных исследованиях. К чести руководства республикой, оно находит хотя и не обильные, но разумные по величине денежные вложения в фундаментальную науку.

Однако технические науки, как и большинство других прикладных, за редким исключением, не до конца выполняют свои функции. Они не только не могут наработать инвестиции для фундаментальной науки, но даже себя не могут вполне обеспечить, не говоря о государственных потребностях вообще. В чем причины?

На основании опыта своей многолетней вузовской научно-исследовательской работы в области промышленной теплоэнергетики и теплотехники могу отметить следующее. Если в прежние времена промышленные предприятия, хоть зачастую и принудительно, но регулярно и настойчиво интересовались новой техникой, новыми научными реализующимися разработками, имели материальную заинтересованность в их использовании (не только премиями, но и повышением зарплат, величиной оборотных средств, социальными отчислениями и т.п.), то сейчас наша промышленность и другие отрасли науконевосприимчивы.

Да, их представители бывают на выставках, читают соответствующую информацию, иногда справляются по телефону, - но не больше, на этом, как правило, интерес заканчивается. Может, наши разработки настолько плохи, что не достойны использования? Но ведь все они – результат научных поисков, почти все они защищены авторскими свидетельствами на изобретения и патентами РБ, РФ, СССР, США, что подтверждает хотя бы их новизну, полезность, реализуемость. Неужели из сотен наших предложений нельзя выбрать нужное?

В порядке самокритики следует сказать, что, конечно, часто разработки требуют промышленной доводки, как и любая новая техника, совершенствования дизайна, согласования в различных инстанциях и органах. Но все равно наши технологии и аппараты, с учетом некоторых возможных дополнительных затрат, намного дешевле импортных, имеют лучшие показатели по производительности, экономии топлива и электроэнергии, загрязнению окружающей среды.

Потребителя иногда можно понять — «я лучше куплю заграничную машину или аппарат, но сейчас, чем возиться с вашими устройствами». Тогда с огорчением могу сказать: ну что же, способствуйте западной экспансии, отсутствие патриотизма и дальше будет снижать наши технические науки. А если говорить серьезно, то в связи с этим хочу высказать предложение — **НЕОБХОДИМО ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**. Это значит: нам, производителям научно-технических идей нужно предъявлять возможным потребителям не эскизы, картинки, макеты, а **ТОВАРНЫЕ ОБРАЗЦЫ**.

Опытное производство, как подразделение, например, ВУЗа, должно иметь определенную производственную базу (вполне реализуемую в техническом ВУЗе), соответствующие кадры, маркетинговую и снабженческую службы. Особенность этого опытного производства — изготовление опытных, выставочных образцов оборудования которые можно предъявлять рынку. Вряд ли серийное производство нужно поручать этому подразделению. Впрочем, дальнейшее развитие его зависит от условий, которые могут возникнуть в конкретной ситуации. Финансирование опытного производства должно идти за счет серийного производства ранее внедренных разработок ВУЗа. Начальные затраты — кредит.

Очевидно социальное значение организации этого производства (создание рабочих мест, использование имеющегося оборудования, выпуск экспортной продукции, имидж ВУЗа).

Другая проблема внедрения – документальное сопровождение (технико-экономическое обоснование, календарные и другие планы, объяснительные записки, протоколы согласований, лицензии, акты, калькуляции, сбор подписей, печатей к многое другое). Конечно, необходим учет и контроль хода работ, но он стал настолько сложным, громоздким, трудоемким, что время оформления работы и ее результатов соизмеримо со временем проведения самой работы, не говоря о субъективных вещах.

Поэтому необходимо использовать компьютерную технику для ведения этого раздела внедрения новой техники. Нужно разработать алгоритмы создания упомянутых документов, взаимодействия всех структур, которые заинтересованы в работе и отвечают за проблему, выработать машинный метод согласования, лицензирования, дать схему и заполнение отчетов, актов и т.д. Для этого нужно шире использовать ключевые слова, компьютерные данные по проектировщикам, производителям, испытателям. **АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ** внедрения новой техники — важная задача для технических наук. Эта задача вполне разрешима нашими специалистами. Иное дело — никто

сейчас не собирается работать над ней, в частности, из-за отсутствия финансирования, поэтому, к сожалению, дело ограничивается разговорами.

Основа развития технических наук — внедрение, использование имеющихся и новых разработок. Популярная сейчас тема цифровизации также должна способствовать техническому прогрессу, приближая желаемый результат.

Таким образом, научный и организационный ресурс нашей страны позволяет надеяться на успешную реализацию предложений технических наук.

Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Новосельцев В.Г., Торхова А.В.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРОПРОНИЦАНИЯ УТЕПЛЕННЫХ КИРПИЧНЫХ СТЕН НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Для оценки обеспечения эксплуатационных характеристик утепленных стен зданий авторами публикации были выполнены натурные исследования жилых зданий с целью определения их фактического значения сопротивления теплопередаче. В качестве объектов исследований были взяты эксплуатируемые кирпичные жилые здания в г. Бресте по адресу: улица Брестских дивизий № 15 и № 17. Наружные кирпичные стены утеплены:

- дом № 15 – плиты беспрессового полистирольного пенопласта марки ПСБС, толщина плиты – 50 мм.
- дом № 17 – плиты минераловатные «Isover», толщина плиты – 50 мм.

Исследования были выполнены по следующей методике. С помощью тепловизора марки Testo 882, фиксировалось распределение температурного поля на внутренней и наружной поверхности стен здания и фактическая температура различных участков наружной и внутренней поверхности стен (простенков). Температура и влажность воздуха в помещениях и на улице замерялись портативным метеометром марки МЭС-200А.

Согласно выполненным расчетам по формуле 5.2 ТКП 45-20.04-43-2008 [1] получены следующие значения фактического сопротивления теплопередаче стен:

- дом № 15 – $R_{\text{факт.}} = 1,55 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$;
- дом № 17 – $R_{\text{факт.}} = 1,75 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$.

Выполненные по методике [1] поверочные теплотехнические расчеты утепленных стен обследованных зданий, дали следующие значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций:

- дом № 15 – $R_{\text{т. расч.}} = 2,2 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$;
- дом № 17 – $R_{\text{т. расч.}} = 1,9 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$.

Следовательно, сопротивление теплопередаче кирпичных стен утепленных плитным ПСБС снизилось более чем на 30% по сравнению с расчетным значением. Фактическое сопротивление теплопередаче кирпичных стен, утепленных минераловатными плитами составляет не менее 90% от $R_{\text{расч.}}$.

Общеизвестно, что одной из основных причин, приводящих к снижению теплотехнических характеристик материалов, является увеличение их влажности.

Выполненные лабораторные исследования проб материалов, взятых из утепленных стен, показали, что фактическая величина весовой влажности составляет:

- беспрессовый пенополистирольный пенопласт – 7,8...20,8%;
- минераловатные плиты – 1...2,8%;
- кирпич керамический полнотелый – 3,9...10,7%;
- кирпич силикатный – 1...1,7%.

Анализ полученных результатов показывает, что в ограждающей конструкции, утепленной плитами ПСБС, влажность кирпича керамического более чем в 4 раза превышает установленную [1]. Влажность материала ПСБС — более чем в 2 раза превышает нормативные значения.

Результаты выполненных исследований подтверждают, что чем больше влажность материала, тем выше коэффициент его теплопроводности (λ) [2] и ниже сопротивление теплопередаче конструкций, выполненных из таких строительных материалов [3]. Объясняется это тем, что во влажном материале пустоты заполнены водой, и это увеличивает его теплопроводность, поскольку λ воды примерно в 20 раз больше λ воздуха [2]. Основываясь на исследованиях, выполненных Б.Ф.Васильевым [4] можно сделать предварительный вывод, что основной причиной увлажнения конструктивных слоев утепленных стен является постоянное накопление влаги в наружном ограждении за счет поступления в него пара воздуха эксплуатируемых отапливаемых помещений.

Результаты исследований показали, что основными факторами, которые оказывают существенное влияние на динамику накопления влаги в материалах стен, являются: коэффициент проницаемости конструкции стены парами воздуха и толщина ее поперечного сечения.

С учетом вышеизложенного, авторы публикации предлагают ввести термин «эксплуатационное сопротивление паропроницаемости утепленных стен». Этому термину соответствует следующее определение: сопротивление паропроницаемости утепленных стен, обеспечивающее влажность материалов ограждающей конструкции в процессе всего срока эксплуатации здания, без превышения значений, установленных [1]. Очевидно, что конкретные численные значения эксплуатационного сопротивления паропроницаемости утепленных стен можно рекомендовать только для зданий, ограждающие конструкции которых в течение всего срока эксплуатации подвержены, как идентичным климатическим воздействиям, так и характеристики микроклимата в помещениях — аналогичные.

Для определения конкретных численных значений эксплуатационного сопротивления паропроницаемости, которые можно рекомендовать при проектировании утепленных стен предлагается следующая методика.

В качестве базового значения сопротивления паропроницаемости ($R_{п}=3,7 \text{ м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па}/\text{кг}$) предлагается принять конструкцию не утепленной кирпичной кладки толщиной 510 мм. Практика эксплуатации жилых зданий с не утепленными стенами и оконным заполнением из двухстворчатых деревянных рам, показала, что микроклимат (влажность воздуха) в помещениях соответствовал санитарным нормам без устройства механической вентиляции.

Выполненные расчеты сопротивления паропроницаемости конструктивных решений утепленных кирпичных стен толщиной 510 мм дали следующие результаты:

- утеплитель ПСБС толщиной 100 мм: $R_{п}=5,2 \text{ м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па}/\text{кг}$;
- утеплитель минвата «Белтеп» толщиной 100 мм: $R_{п}=3,9 \text{ м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па}/\text{кг}$.

Следовательно, можно сделать вывод, что основной причиной столь значительного увлажнения материалов, составляющих наружное кирпичное стеновое

ограждение, утепленное ПСБС, является то, что фактическое сопротивление паропроницаемости такой конструкции стены более чем на 30% выше, чем применение минваты. Анализ результатов выполненных исследований позволяют сделать следующее заключение. Сопротивление паропроницаемости утепленного наружного стенового ограждения $R_{п} \leq 3,7 \text{ м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па} / \text{мг}$ для климатического района Республики Беларусь, позволяет обеспечить рекомендуемые параметры весовой влажности материалов конструктивных слоев, на протяжении всего периода эксплуатации зданий и сооружений без устройства систем механической вентиляции.

Список использованных источников:

1. ТКП 45-20.04-43-2008 Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2014. – 47 с.
2. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Изд. 5-е пересм. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
3. Черноиван, В.Н. Техническое состояние конструктивных слоев утепленных наружных стен эксплуатируемых зданий / В.Н. Черноиван, В.Г. Новосельцев, Н.В. Черноиван // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 4. – С. 45–48.
4. Васильев Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. – 210 с.

Житенёв Б.Н., Сенчук Д.Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА

Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов.

Поскольку развитие промышленности не стоит на месте, количество выбросов загрязнений в окружающую среду постоянно растет. Гальванические покрытия применяются практически во всех отраслях промышленности: машиностроении, приборостроении, производстве печатных плат и т.д. Несмотря на существенные различия в технологии обработки поверхности различных изделий, все они создают в процессе эксплуатации сточные воды сложного состава, которые, при недостаточной степени очистки, являются источниками загрязнения водной среды. Основным токсичным загрязнителем сточных вод гальванического производства являются тяжелые металлы, такие как хром, цинк, никель, медь, железо и др.

Сброс таких вод в коммунальную систему водоотведения приводит к неизбежному транзиту в водотоки — приемники сточных вод, поскольку на сооружениях биологической очистки эффект удаления составляет от 20 до 65 % в зависимости от природы катиона. Для очистки таких вод применяются реагентные, электрохимические и ионообменные методы [1].

В настоящее время ведутся активные исследования по методам очистки сточных вод от ионов металлов с применением новых композиционных сорбентов, совершенствованию ионообменной очистке, осаждению, например, в виде сульфидов или оксалатов. При этом одним из перспективных направлений является применение

технологий сорбционной очистки сточных вод с использованием торфа. Наличие в Республике Беларусь значительных запасов торфа создает реальные предпосылки для выпуска дешевых, экологически безопасных сорбентов на основе модифицированного брикетированного торфа [2]. Настоящая работа посвящена исследованию сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, на примере ионов железа.

В качестве сорбента использовался торфобрикет торфобрикетного завода “Гатча-Осовское”, расположенного в Жабинковском районе Брестской области. Брикет механическим способом измельчали, затем просеивали через набор сит. В результате были получены образцы крупностью <1 мм, 1-2 мм, 2-3, мм, 3-4 мм, 4-5 мм. В качестве ионов тяжелых металлов использовался ион железа (III), концентрация в исходном имитаторе сточных вод составляла 10 мг/дм³. В стакан помещали 100 мл раствора и добавляли 10 г гранул торфа. Затем суспензию перемешивали с помощью механических мешалок в течении 20, 40, 60 минут.

Затем растворы фильтровали через бумажный фильтр и определяли остаточное содержание ионов железа (III). Исследования проводили на спектрофотометре калибровочным методом. Для этого готовили 7 стандартных растворов, содержащих 0-0,1-0,2-0,3-0,4-0,6-0,8-1 мг/дм³ железа соответственно [3]. В каждый раствор вводили одинаковое количество соляной кислоты, персульфата аммония и роданида калия, что необходимо для стабилизации кроваво-красной окраски комплексного соединения. Оптическую плотность градуировочных и исследуемых растворов определяли при длине волны 500 нм в кювете с толщиной просвечивающего слоя 10 мл. После чего строился калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации железа в миллиграммах на дм³. Измерив оптическую плотность исследуемого раствора, по калибровочному графику находили соответствующую ей величину железа.

Эффект очистки воды от ионов железа рассчитывался по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100 \quad (1)$$

C_1, C_2 – соответственно массовая концентрация ионов железа до и после опыта.

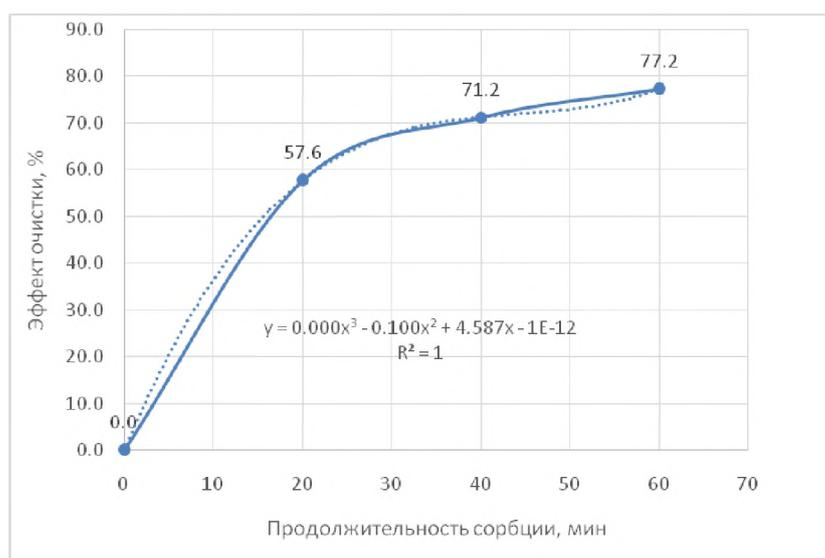


Рисунок 1. Зависимость эффекта сорбции от продолжительности контакта, мин.

Из рисунка 1 видно, что наиболее эффективно процесс сорбции ионов железа брикетированным торфом протекает в течении 20 минут контакта, затем он

замедляется. В течение 60 минут удаляется до 77 – 80 % ионов железа и практически наступает сорбционное равновесие. Степень достижения равновесия F , показывает какая часть общего количества вещества сорбируется к данному моменту времени и для брикетированного торфа она составила около $F=0.8$ при продолжительности контакта 60 минут (рис.2) [1].

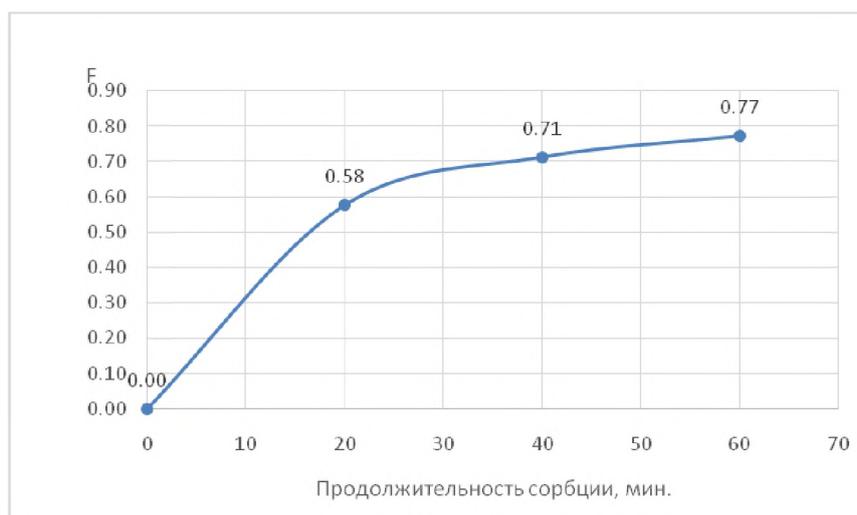


Рисунок 2. Зависимость степени достижения равновесия от продолжительности контакта брикетированного торфа с раствором, содержащим ионы железа.

Кратность извлечения — отношение исходной концентрации к равновесной составила для ионов железа 4,4. Адсорбционная емкость (рис.3) брикетированного торфа рассчитывалась по уравнению:

$$A = (C_1 - C_{равн}) \cdot \frac{V}{m} \quad (2)$$

V – объем раствора, $дм^3$;

m – масса навески брикетированного торфа, г;

C_1 – исходная концентрация ионов железа в растворе, $моль/дм^3$;

$C_{равн}$ – равновесная концентрация ионов железа в растворе после сорбции, $моль/дм^3$.

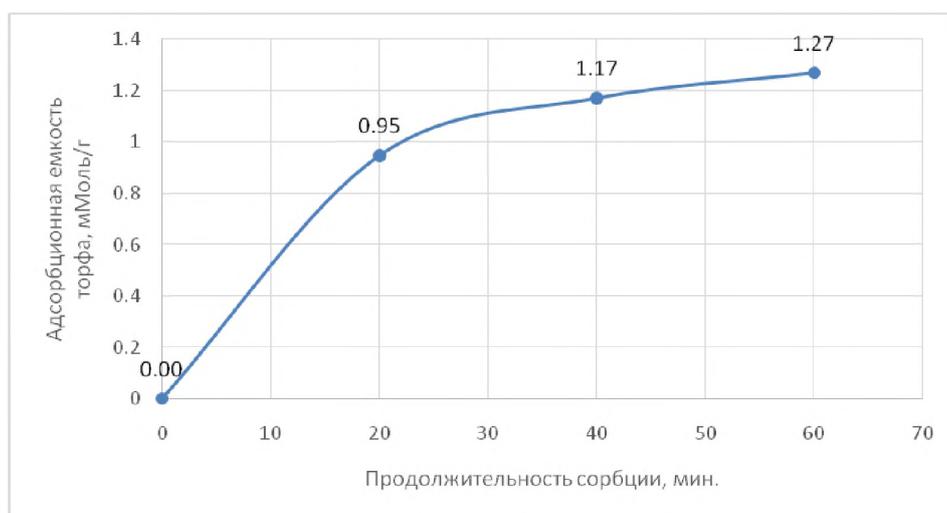


Рисунок 3. Кинетическая кривая сорбции ионов железа брикетированным торфом.

Проведенные исследования процессов сорбции брикетированным торфом ионов железа Fe^{+3} позволили установить, что эффективность сорбции снижается с

увеличением крупности зерен брикетированного торфа; процесс сорбции и протекает наиболее интенсивно в течении первых 20-30 минут; степень достижения равновесия для Fe^{+3} составила $F= 0,8$ при продолжительности 60 мин. Полученные результаты исследований свидетельствуют о возможности использования брикетированного торфа в качестве эффективного сорбента для очистки сточных вод от ионов Fe^{+3} .

Список использованных источников:

1. Житенёв, Б.Н. Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Б.Н. Житенёв, Д.Д. Сенчук // Вестник Брестского государственного технического университета, БрГТУ, 2019, № 2 (104) /Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – С. 61-65.
2. Житенев, Б.Н. Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов кадмия, свинца и меди / Б.Н. Житенев, А.Д. Гуринович, Д.Д. Сенчук // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 11. – С. 1534–1545.
3. Строкач, П.П. Практикум по технологии очистки природных вод / П.П.Строкач, Л.А.Кульский – М.: Высш. шк. 1980. – с.98-99.

Веремейчик А.И., Онысько С.Р., Сазонов М.И., Хвисевич В.М., Томашев И.Г.

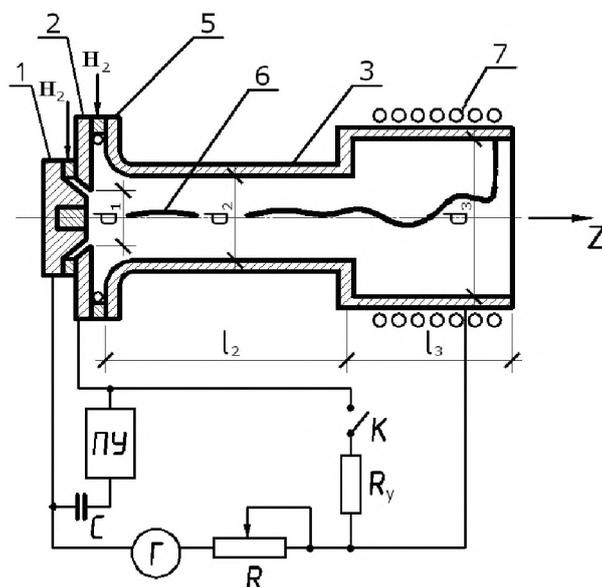
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭРОЗИИ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

Брестский государственный технический университет, кафедра прикладной механики

Введение. В настоящее время широко используются экономически эффективные процессы совместного получения ацетилена и этилена из углеводородного сырья, плазмохимической переработки отходов различных производств и т.д. Особенно перспективны процессы с применением водородной низкотемпературной плазмы [1–6]. В процессах, где для подвода энергии используется горение газов, коэффициент полезного использования энергии весьма низок, причем из-за наличия кислорода в рабочей смеси образуется значительное количество смолообразных полимеров. Это снижает выход целевых продуктов и усложняет последующую переработку крекинг-газа. Этих недостатков можно избежать, если для проведения пиролиза углеводородов использовать в качестве теплоносителя водород, нагретый до температуры 3000–4000 К. В качестве генератора водородной плазмы может выступать плазмотрон постоянного или переменного тока требуемой мощности. Увеличение мощности и ресурса работы таких плазмотронов в значительной мере определяется успехами в изучении эрозии электродов в области приэлектродных участков дуги [4–6]. Эрозия катода возникает вследствие сложных тепловых, электрических, химических и механических процессов в приэлектродной области. Основной упор в большинстве исследований по эрозии делается на экспериментальное изучение явлений и эмпирическое обобщение опытных данных для того, чтобы в дальнейшем создать обоснованную математическую модель и найти рациональные методы расчета оптимальных конструкций катодов. Основным фактором, определяющим скорость эрозии, является удельный тепловой поток в катод. Для

термоэмиссионных электродов он, как правило, превышает 50 кВт/см^2 и зависит от рода рабочего газа, силы тока, характера охлаждения электрода и других факторов. Если дуга горит в водороде, то удельный тепловой поток вследствие высокой теплопроводности этого газа особенно велик, поэтому такого рода исследования являются актуальными.

Описание плазмотрона. Схема плазмотрона, его электропитания и поджига приведена на рисунке 1. Основными элементами плазмотрона являются катод 1, поджигающий электрод 2 и ступенчатый анод 3. Катод выполнен из торированного вольфрамового стержня длиной 10 мм, впаянного заподлицо в медную обойму. В экспериментах использовались вольфрамовые стержни диаметром 3–10 мм. Поджигающий электрод выполнен из меди в виде секции-шайбы с внутренним диаметром $d_1 = 16 \text{ мм}$. Испытанные медные ступенчатые аноды имели диаметры $d_2 = 8 \text{ мм}$ и $d_3 = 16 \text{ мм}$, длину $l_2 = 30\text{--}50 \text{ мм}$. Длина анода $l = l_2 + l_3$ изменялась от 90 до 150 мм. Для уменьшения эрозии рабочей поверхности анода установлен навитый из медной трубки соленоид 7. Создаваемое им осевое магнитное поле ($0,06\text{--}0,08 \text{ Тл}$), обеспечивает такие скорости вращения замыкающего радиального участка дуги, при которых ресурс работы анода достигает свыше 1000 часов. Катод, поджигающий электрод, анод и соленоид интенсивно охлаждаются химически очищенной водой. Вода подается в систему охлаждения плазмотрона под давлением 10–15 атм. Для расчета тепловых потоков в электроды определяли температуру воды на входе и выходе из плазмотрона при помощи хромель-копелевых термопар с записью показаний прибором ЭМП–109 АИ.



1 – катод, 2 – поджигающий электрод, 3 – анод,
4 и 5 – изоляторы, 6 – дуга, 7 – соленоид

Рисунок 1 – Схема плазмотрона и электропитания

Давление водорода перед расходомерами на входе плазмотрона составляло $(4\text{--}8) \cdot 10^5 \text{ Па}$. Расход газа измерялся приборами типа ПВ–1033, а его плавная регулировка осуществлялась автоматическими приборами типа ДМПК–100. В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 50 мм, подавался водород (расход 0,1–0,2 г/с). Во вторую камеру закрутки 5, расположенную между поджигающим электродом и анодом, газ поступал через 4 тангенциальных

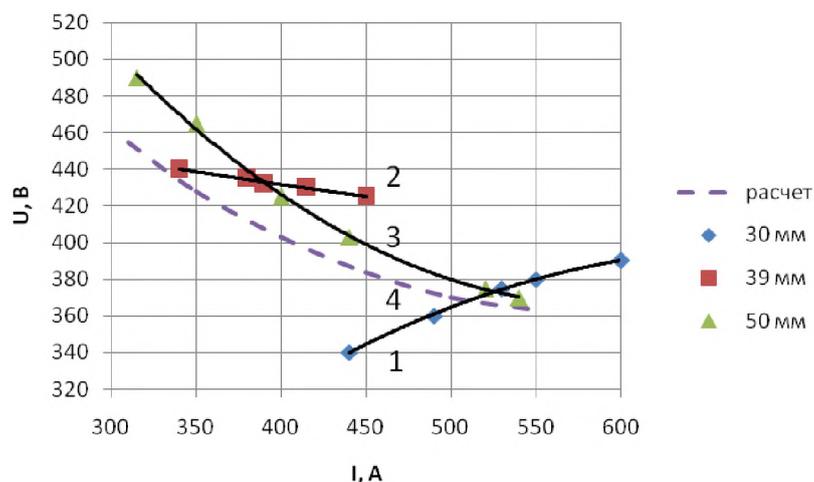
отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Суммарный расход водорода варьировался от 0,9 до 1,2 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществлялось от источника питания с номинальным током 600 А и напряжением 900 В. Т.к. его внешняя электрическая характеристика жесткая, а ВАХ дуги падающая из-за неустойчивого горения дуги, в силовую цепь последовательно с дугой с целью обеспечения устойчивого ее горения включено изменяющееся ступенчато балластное сопротивление R . Поджиг плазмотрона осуществлялся при помощи высоковольтного высокочастотного осциллятора с подачей напряжения на поджигающий электрод 3. Между поджигающим электродом и анодом через контактор включено сопротивление $R_{\gamma}=10-20$ Ом. Такая схема включения осциллятора в электрическую цепь питания плазмотрона позволяла исключить попадание ВЧ-напряжения в силовую цепь питания и обеспечивала тем самым надежную защиту выпрямителя от перенапряжения. Соленоид 7 включен в цепь электропитания последовательно с дугой.

Исследования вольт-амперных и тепловых характеристик плазмотрона.

В соответствии с методикой [1-3], проведены исследования напряженности электрического поля дуги, горящей в водороде. Результаты экспериментов по исследованиям вольт-амперных характеристик подтвердили необходимость поддержания тангенциальной скорости закрутки водорода в пределах 600-1000 м/с и плавного (безотрывного) перехода от кольца закрутки к внутреннему диаметру электрода с целью обеспечения газодинамически устойчивого горения дуги. В экспериментах также было установлено, что дуга в плазмотроне рассматриваемой схемы горит с меньшими пульсациями напряжения по сравнению с дугой с самоустанавливающейся длиной, горящей в цилиндрическом канале без уступа.

На рисунке 2 приведены вольт-амперные характеристики водородной дуги, горящей в плазмотроне с различной длиной анода.



$$G_B = 1 \text{ г/с}, d_2 = 8 \text{ мм}, p = 1,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Рисунок 2 – Вольт-амперные характеристики дуги при различных l_2

Результаты экспериментов показали, что при $l_2 \leq 30$ мм электрическая характеристика является восходящей (кривая 1) и при величине тока менее 530 А лежит ниже характеристики дуги с самоустанавливающейся длиной (кривая 4), рассчитанной по формуле:

$$U = 3190 \cdot \left(\frac{G}{I}\right)^{0,4} \left(\frac{G}{d}\right)^{0,3} (pd)^{0,36}, \quad (1)$$

где d – внутренний диаметр анода постоянного сечения, мм.

Можно предположить, что при больших величинах тока кривая 1 совпадет с кривой 4 в предположении, что механизм формирования вольт-амперной характеристики дуги в водороде для плазматрона со ступенчатым выходным электродом аналогичен цилиндрическому аноду.

Следует отметить, что в изученном диапазоне токов при $l_2 \leq 30$ мм дуга горит стабильно. Визуальный осмотр внутренней поверхности анода показал, что шунтирование дуги происходит только за уступом на участке электроразрядной камеры диаметром d_3 . При $l_2 = 50$ мм вольт-амперная характеристика дуги (кривая 3) практически совпадает с расчетной кривой 4, а зона шунтирования уже около уступа захватывает некоторую поверхность электрода диаметром $d_2 = 8$ мм; уступ электрода уже за несколько часов работы подвергается заметной эрозии. Следовательно, длина $l_2 = 50$ мм является больше предельной. При увеличении l_2 более 39 мм возрастают амплитуды пульсаций тока и напряжения, а также уменьшается частота пульсаций.

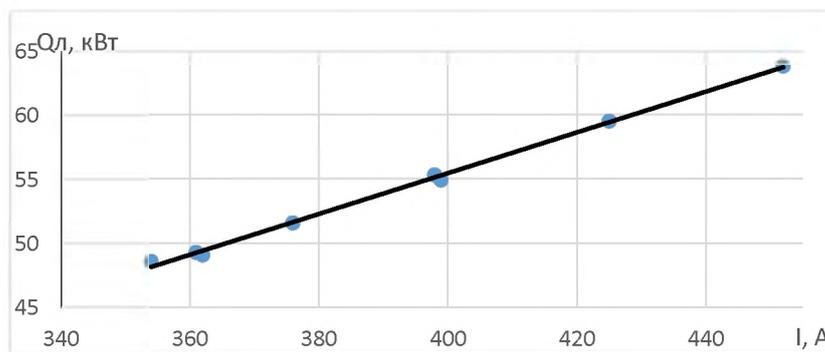
Одновременно с исследованием вольт-амперных характеристик дуги, проводились исследования тепловых потоков в элементы плазматрона: катод, анод и поджигающий электрод. Это позволило вычислить тепловой к.п.д. плазматрона, энтальпию и среднемассовую температуру газа в зависимости от величины тока дуги, длины анода и содержания метана в водороде при давлении на выходе из плазматрона, равном $1,5 \cdot 10^5$ Па.

Исследования тепловых потоков в катод показали, что при использовании в качестве рабочего газа водорода при равных величинах тока и стабильных режимах горения дуги ($l_2 = 39$ мм) они оказались ниже, чем у азота [7]. Несколько неожиданные результаты получаются при нестабильном режиме ($l_2 = 50$ мм), когда возрастает амплитуда тока и снижается частота шунтирования дуги. В этом случае тепловые потоки в катод в рассматриваемом диапазоне величин тока увеличиваются примерно в 2 раза (рисунок 2). Это отражается на скорости эрозии как катода, так и анода. Быстрое разрушение катода в водородной среде было обнаружено при эксплуатации плазматрона в режиме несамостоятельного горения, когда пульсации тока достигали заметной величины, хотя абсолютная величина тока не превышала нескольких десятков ампер. При больших величинах тока (до 1000 А), но малых (менее 10 %) высокочастотных пульсациях (несколько кГц) степень разрушения была на несколько порядков меньше. Аналогичная картина наблюдается при неустойчивом режиме горения дуги, вызванном шунтированием на уступе. В этом случае каждое пятно привязки хаотически движется по поверхности вольфрама, переходя с нагретых участков поверхности на более холодные. Это приводит к снижению термоэмиссии и увеличению автоэмиссии электронов и, следовательно, к возрастанию тепловых потоков в катод.

Установлено, что в водороде тепловые потери в катод практически не зависят от диаметра вольфрамового стержня, запаянного заподлицо в медную обойму, который в экспериментах изменялся от 3 до 10 мм.

На рисунке 3 приведены тепловые потоки в анод в зависимости от тока дуги для плазматрона с $d_2 = 8$ мм, $d_3 = 16$ мм, $l_2 = 50$ мм и $l = 100$ мм при расходе водорода 1,1 г/с в рабочем диапазоне токов они достигают 48–64 кВт. По проведенным оценкам

тепловые потери на участке до уступа не превышают 10 кВт, поэтому основные потери тепла приходятся на зону за уступом. С ростом l тепловые потери быстро увеличиваются. Они преимущественно определяются конвективным теплообменом между нагретым потоком водорода и стенкой анода. Поэтому тепловой КПД плазмотрона определяется в основном потерями тепла за уступом. Поэтому для достижения максимального его значения длина l должна быть не более, чем это необходимо для зоны шунтирования дуги.



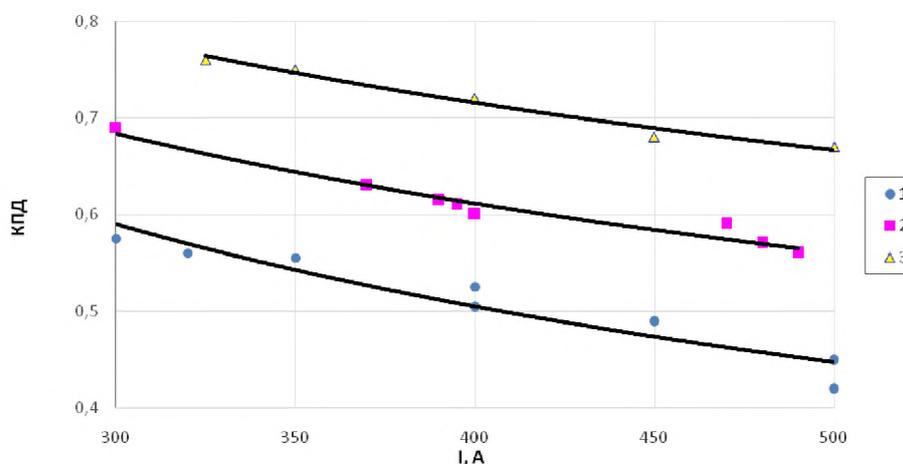
$$G_B = 1,1 \text{ г/с}, d_2 = 8 \text{ мм}, d_3 = 16 \text{ мм}, l_2 = 50 \text{ мм}, l = 100 \text{ мм}$$

Рисунок 3 – Зависимость теплового потока в анод от тока дуги в водороде

Зависимость теплового КПД плазмотрона от величины тока дуги при $G_B = 1 \text{ г/с}$, $l_2 = 50 \text{ мм}$ и различных l приведена на рисунке 4. При длине анода, близкой к оптимальной (90 мм), температура струи достигает 3400 К, а тепловой КПД равен 0,6–0,8. Зависимость теплового КПД от тока можно представить в виде:

$$\frac{1-\eta}{\eta} = 9,45 \cdot 10^{-5} \left(\frac{I}{G} \right)^{0,4} \bar{l}^{1,38} (pd)^{0,98}, \quad (2)$$

где $\bar{l} = \frac{l_2}{d_2} + \frac{l_3}{d_3}$, $d_2 = 8 \text{ мм}$, $d_3 = 16 \text{ мм}$, $G_B = 1 \text{ г/с}$, $l = 90, 116, 150 \text{ мм}$.



$$1 - l = 150 \text{ мм}, 2 - l = 116 \text{ мм}, 3 - l = 90 \text{ мм}$$

Рисунок 4 – Зависимость теплового КПД плазмотрона от величины тока дуги

Эрозия электродов. Проведено исследование эрозии электродов. Зависимость удельной эрозии катода от диаметра стержня приведена на рисунке 5. Наименьшее значение удельной эрозии наблюдается для диаметра стержня $d_c \approx 5 \text{ мм}$ и составляет

не более $(2...4) \cdot 10^{-9} \frac{e}{A \cdot c}$. Величина эрозии определялась путем взвешивания катодов до и после эксперимента. Осмотр поверхности катода после длительной работы показал, что величина его удельной эрозии при диаметрах стержня менее 5 мм возрастает из-за того, что пятно дуги начинает захватывать часть медной обоймы, которая интенсивно разрушается. В некоторых экспериментах при $d_c = 5$ мм пятно на вольфрамовой поверхности не всегда стабилизировалось, в этом случае величина эрозии повышалась в несколько раз. Увеличение эрозии при $d_c > 5$ мм связано с ухудшением теплообмена и возрастанием температуры поверхности вольфрама в области прикатодного пятна. При $d_c = 10$ мм пятно дуги перемещалось по площадке диаметром порядка 6 мм, образуя в некоторых местах кратеры диаметром и глубиной до 2 мм после 6–10 часов работы плазмотрона. Оценка ресурса работы катода по полученной удельной эрозии показала, что при величинах тока около 400 А ресурс непрерывной работы катода составит не менее 200 часов.

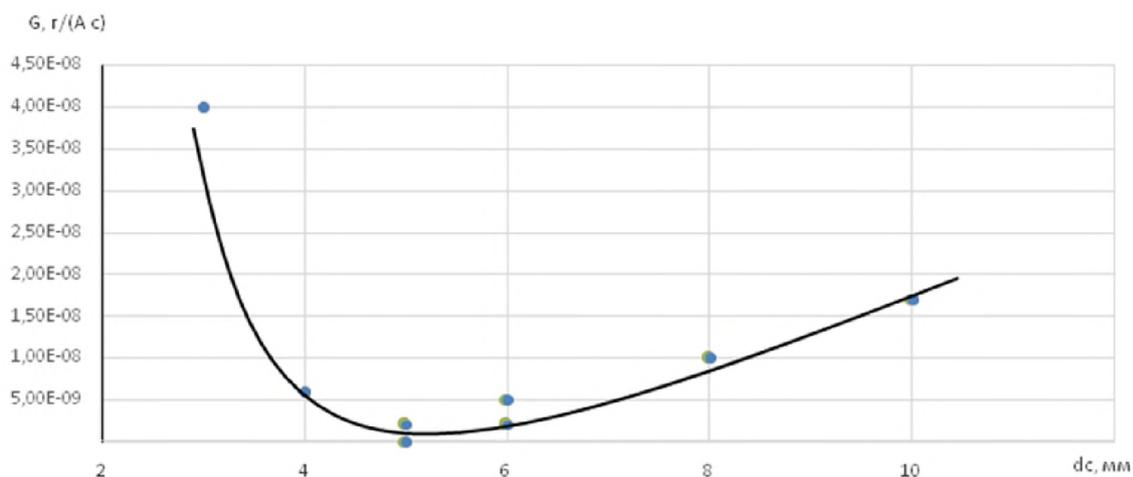


Рисунок 5 – Зависимость удельной эрозии катода от диаметра вольфрамового стержня, при $I = 370 \pm 30$ А

Заключение. Проведены исследования вольт-амперных характеристик, тепловых потоков, эрозии электродов, КПД плазмотрона для генерации низкотемпературной плазмы водорода. На основе созданной методики разработана оригинальная конструкция плазмотрона. Полученные экспериментальные данные и инженерные решения могут служить исходными для проектирования промышленных плазменных установок различной мощности.

Список использованных источников:

1. Веремейчик, А. И. Исследование электрической дуги в потоке гелия в сильноточном плазмотроне / А. И. Веремейчик, М. И. Сазонов, Д. Л. Цыганов // Приборы и техника эксперимента. – 2006. – № 5. – С. 99–102.
2. Исследование электрической дуги в потоке аргона / В. В. Батрак [и др.] // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. – 2008. – № 4 : Машиностроение. – С. 26–28.
3. Rutberg Ph.G., Bratsev A.N., Safronov A.A. et al. // IEEE Trans. Plasma Sci. 2002. – V. 30, № 4. – P. 1445–1448.
4. Исследование термохимических катодов в дуговых плазмотронах / А. С. Аньшаков [и др.] // Теплофизика и аэромеханика. – 2005. – Т. 12, № 4. – С. 685–691.
5. Исследование эрозии электродов в плазмотронах постоянного и переменного тока / В. Е. Кузнецов [и др.] // Прикладная физика – 2019. – № 3. – С. 24–29.

6. Исследование продуктов эрозии медного электрода плазмотрона переменного тока / Д. И. Субботин [и др.] // Журнал технической физики. – 2017. – Т. 87, вып. 11. – С. 1637–1640.
7. Веремейчик, А. И. Исследование эрозии вольфрамового катода плазмотрона для генерации азотной плазмы / А. И. Веремейчик, М. И. Сазонов, В. М. Хвисевич, А. А. Лазарук // Перспективные материалы и технологии: материалы международного симпозиума, Брест, 27-31 мая 2019 г. / под ред. чл.-корр. Рубаника В.В. – Витебск, УО «ВГТУ», 2019. – С. 93-95.

Новосельцева Д.В.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Брестский государственный технический университет, к.т.н., доцент
кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

В 2019 году в г.Барановичи построен первый жилой дом в Брестской области с электроотоплением. На момент постройки — это самый большой из всех «электродомов» в стране. Полная электрическая мощность новостройки — около 625 кВт, что примерно в 3 раза больше обычного дома. Обусловлено это тем, что в соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.11.2017 №899 с 2018 года планируется преимущественное строительство многоквартирных жилых домов с использованием электрической энергии для целей отопления и горячего водоснабжения.

Одним из перспективных вариантов электрического отопления является применение электрических теплых полов. Классификация электрических теплых полов по типу нагревательного элемента: кабельные, нагревательные маты, пленочные, стержневые.

Кабельные полы и маты

Греющий кабель появилась раньше остальных типов. Представляет собой обычный электрический провод, токопроводящая жила которого обладает большим сопротивлением. В результате этого при протекании электрического тока он нагревается. Шаг прокладки кабеля варьируется в пределах 6-12 см. Во время работы теплого пола кабель нагревается максимум до 70-80°C, а материалы изоляции и оболочки выдерживают температуры выше 100°C.

Одножильный имеет только одну греющую жилу, поэтому требует подключения к сети с двух сторон. Это существенный недостаток, т.к. вызывает неудобство при прокладке теплого пола. Одножильный кабель создает интенсивное электромагнитное поле (напряженность магнитного поля 4-8 мкТл, при ПДК в СНГ – 5 мкТл). Двужильный кабель состоит из двух жил (проводов) и не требует подключения в сеть с другого конца. Практически полностью отсутствует электромагнитное поле (0,2-0,25 мкТл, в Европе ПДК 0,2 мкТл на расстоянии 0,5 м от источника), что позволяет использовать его в жилых комнатах.

Мат состоит из пластиковой сетки, к которой прикреплен нагревающий кабель с заданным шагом. В среднем применяется шаг 9 см. Ширина мата обычно составляет 50 см, а длина — в зависимости от модели изделия.



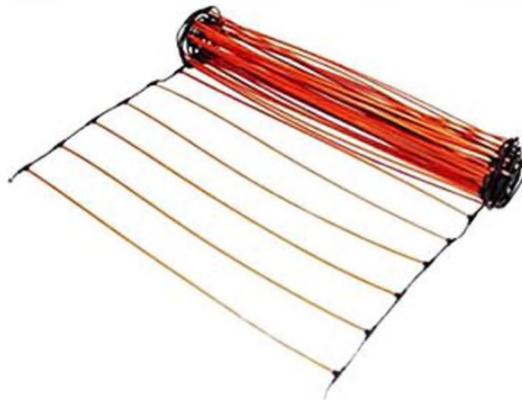
Нагревательные маты - традиционный вид электрического теплого пола. Не требует специальных расчетов шага укладки и устройства защитной стяжки.



Нагревательный резистивный кабель в бухте. Монтируется посредством зажима на специальную монтажную планку. Требуется устройство выравнивающей или защитной стяжки.



Пленочный инфракрасный электрический пол на основе углеродных нагревательных элементов. Укладывается непосредственно на старое напольное покрытие или подготовленное основание. Не требует устройства стяжки или слоя плиточного клея.



Стержневой инфракрасный пол отличается простотой укладки и монтажа без устройства стяжки. Единственный минус - возможно образование небольших "мостиков холода".

Рисунок 1 – Виды электрических теплых полов

Для производства греющих матов применяется тонкий, что позволяет устраивать теплый пол под плиткой в слое плиточного клея. Если для толстого кабеля необходимо устройство полноценной стяжки толщиной 3-5 см, то мат можно разместить в клее толщиной 0,8-1 см. В саморегулирующемся кабеле токопроводящие жилы изготавливают не из металла, как у обычных кабелей, а из полупроводника. Такой нагревательный элемент меняет свое сопротивление в зависимости от окружающей температуры, то есть снижает потребляемую мощность при повышении температуры в обогреваемой комнате. Этот кабель считается самым лучшим.

Пленочные полы

Пленка, часто называемая инфракрасной — это многослойная конструкция, нагревающим элементом в которой являются углеродные полосы. Конструктивно пленка состоит из таких элементов:

- подложка из непроводящего ток материала;
- нагревательный слой из углеродных полос;
- медные или серебряные токопроводящие жилы, по которым ток подводится к нагревательным полосам;
- защитный слой.

Основной особенностью нагревательной пленки является ее малая толщина: около 0,4 мм. При эксплуатации пленка сильно не нагревается, максимальная

температура поверхности до 50°C. Это позволяет применять пленку непосредственно под покрытием пола — ламинатом, линолеумом, паркетом, ковролином.

Инфракрасную пленку также можно укладывать в толще стяжки. Для этого при монтаже она закрывается полиэтиленовой или ПВХ пленкой для защиты от попадания влаги. Пленка не любит деформаций, ее нужно укладывать на ровную плотную поверхность (например, листы фанеры толщиной не менее 1 см). Также не желательно ставить на нее мебель.

Стержневые полы

Теплый пол с применением инфракрасных стержней изготавливается в виде матов, нагревающим элементом в которых является углеродный стержень. Так же, как и пленка, стержень не нагревается так сильно, как кабель — обычно до 50-60°C.

Регулирование электрических полов

В соответствии с [1], электрические отопительные приборы (ЭОП) должны быть оснащены встроенным терморегулятором или термовыключателем, а также устройствами для защиты от перегрева.

Теплый пол управляется с помощью терморегулятора, который может задавать необходимую температуру, мощность и время его работы.

Для контроля температуры в полу, рядом с кабелем монтируют термодатчик. Контакты кабеля подводятся к терморегулятору, расположенному в любом удобном месте в конструкции стены.

Терморегуляторы имеют диапазон регулировки температуры от +10 до +40°C. Некоторые из них обладают энергосберегающей функцией день-ночь, имеют встроенные часы или возможность программирования режима работы на неделю.

Таким образом, современные электрические теплые полы — это комфортные хорошо регулируемые системы отопления, которые целесообразно использовать для обогрева зданий в Республике Беларусь на современном этапе.

Список использованных источников:

1. СН 4.04.01-2019 «Системы электрооборудования жилых и общественных зданий». - Минск, 2020.

Чернюк В.П., Шляхова Е.И., Мельничук В.Н.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВИНТОВЫХ СВАЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства

В мировой практике насчитывается несколько тысяч разнообразных конструктивных решений анкерных устройств, включая винтовые сваи, анкеры и якоря, способных воспринимать различные по направлению и характеру действия нагрузки [1, 2].

Наиболее древним, по всей вероятности, является метод анкеровки, применяемый для шатров и палаток, хотя конструкции анкерных устройств и приспособлений в качестве морских и речных якорей насчитывает более пяти тысяч лет назад [3]. Впервые в качестве сложной технической задачи возникла проблема анкеровки при возведении больших висячих мостов в середине позапрошлого

века [4]. Большие растягивающие усилия в несущих элементах этих мостов передавались на грунт анкерными массивами большой массы.

Первые сообщения об использовании винтовых свай, анкеров и якорей относятся к 30-40 г. того же столетия в Англии. Конструкция применяемого в Англии анкера представляла собой винтовую сваю с деревянным стволом и металлическим винтовым наконечником. Так как деревянные стволы плохо работали на кручение, а еще хуже дело обстояло с соединением ствола с лопастью, винтовые сваи применялись только в легких грунтах, чаще всего в приморских районах, в качестве анкеров для причальных сооружений, маяков, якорей для удержания буйков и швартовых бочек.

Один из самых первых изобретенных в мире якорей-винтов запатентован английским гидротехником Митчеллом в 1848 г. Незадолго перед этим Митчелл доказал, что если его якорь ввинтить с помощью рычага на определенную глубину и попытаться вырвать, то придется приложить силу, которая будет способна вытащить массу грунта, составляющую обращенный конус с диаметром основания, равным диаметру винта. После покупки у изобретателя патента управление порта Ньюкасл-алон-тайм с помощью винтовых якорей соорудило систему надежных якорных бочек для приема приходящих на рейд судов и построило ряд дешевых и надежных маяков в тех местах, где до этого обходились временными плавучими сооружениями, которые нередко срывали штормы. Англичане утверждают, что некоторые маяки на винтовых сваях Митчелла стоят до сих пор, т.е. более 200 лет.

С развитием техники стволы винтовых свай стали изготавливать из металлических труб с заполнением их бетоном по достижении проектной глубины завинчивания. Диаметр стволов металлических винтовых свай 12,5 см в середине прошлого столетия считался обычным, хотя известны случаи применения винтовых свай со стволами 17,6 и 21,0 см. Дальнейшее развитие и совершенствование конструкций винтовых свай шло как по линии увеличения как диаметров стволов, так и диаметров лопастей винтового башмака.

В Китае винтовые сваи с металлическим стволом диаметром 35,0 см и толщиной стенки 2,0 см, чугунным винтовым башмаком с лопастью и диаметром 120,0 см и шагом 25,0 см были применены в 1902 г. при сооружении железнодорожной линии Пекин-Нанкин. Построенный на винтовых сваях мост через р. Хуанхэ у станции Цзинчжоу после небольшого усиления верхней части металлических опор, по рекомендациям советских инженеров, эксплуатируется до сих пор, т.е. более 100 лет.

В России винтовые сваи были применены впервые в 90-х годах позапрошлого столетия в качестве фундаментов мостов при строительстве железной дороги Самтредиа-Поти с металлическим стволом диаметром 20 см и лопастью диаметром 100 см. Опоры на этих сваях успешно эксплуатировались вплоть до 1940 г., т.е. более 50 лет. Из известных примеров широкого применения винтовых свай за рубежом значительным в довоенное время является сооружение восьми мостов на одной из железнодорожных линий в Индии.

Известны случаи массового использования винтовых свай в качестве анкеров в послевоенное время в США при прокладке нефтепровода по дну Мексиканского залива, в СССР — при строительстве газопроводов в районах Крайнего Севера (например, Мессояха-Норильск в 70-х годах прошлого века, и др.). В 1950...1960 гг. проблема анкерности получила дальнейшее развитие в связи с необходимостью разработки анкерных устройств для подпорных стенок, набережных, пневматических сооружений и т.п., в этот период началось широкое внедрение в практику

строительства инъекционных, раскрывающихся, раздвижных и других анкерных устройств. В 1961 г. на винтовых сваях возведены опоры радиорелейной линии Москва-Свердловск, в 1964 г. построен участок линии электропередачи напряжением 330 Кв Каунас-Советск. Винтовые сваи применялись также в Канаде, странах Западной Европы при строительстве мостов на автомобильных дорогах, в гидротехническом строительстве.

Первым источником энергии для завинчивания винтовых свай являлась мускульная сила людей и животных, позже для этой цели использовались паровые машины (кабестаны).

В настоящее время для завинчивания свай применяются электрокабестаны, специальные завинчивающие установки, машины и механизмы, например, МЗС-13, МЗЯ и др [4].

Авторами разработано несколько десятков различных конструкций и технических решений винтовых свай — с подачей и без подачи воды к лопасти, с режущими зубьями в лопасти и отверстиями в стволе и без них, с утолщениями и накладками в лопасти, в виде штопора и др., отличающихся от других по конструкции, технологии и материалу, принципу работы, изготовлению, способу погружения, срокам эксплуатации и частоте использования, форме и виду винтовой лопасти, ствола и другим признакам. Все они защищены авторскими свидетельствами СССР и патентами РБ на изобретения и полезные модели. Лучшими из них по эффективности использования являются разработки по а.с. СССР №№ 1157164, 1201404, 1390302, 1472571, 1534140, и патентам на полезную модель РБ № 1895, 1897, 2022, 6652, 8168 и др.

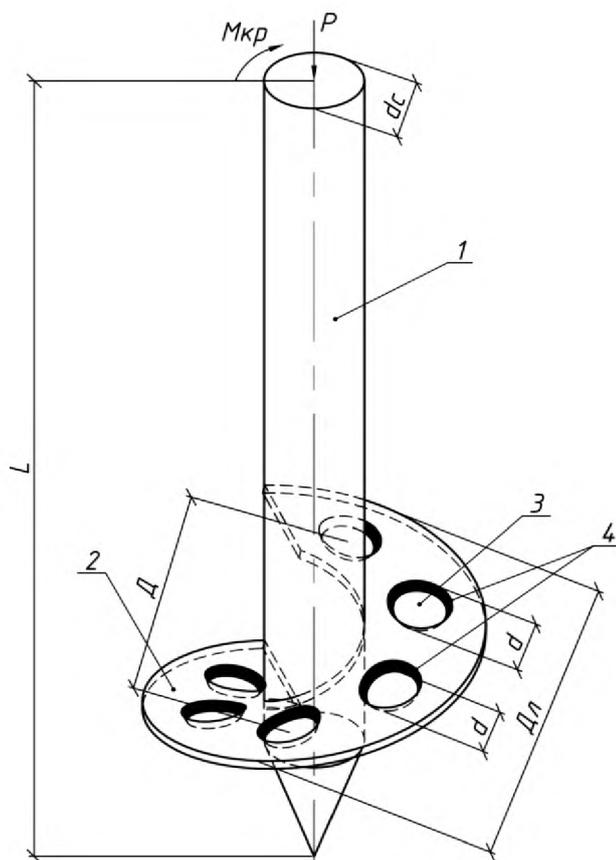


Рисунок 1. Облегчённая винтовая свая.

В данной статье предлагается новая облегченная винтовая свая, на которую выдано положительное решение Национального Центра Интеллектуальной

Собственности о выдаче патента РБ (заявка № 20200288 от 07.12.2020 г.), отличающаяся от всех традиционных и известных решений наличием сквозных поперечных отверстий (или прорезей) в лопасти винтовой сваи. Авторам подобные винтовые сваи с отверстиями в лопасти на данный момент не известны. А именно их наличие может существенно снизить материалоемкость металлических винтовых лопастей свай до 40-50%.

Конструкция такой винтовой сваи в плане и разрезе показана на рис. 1. Винтовая свая содержит ствол 1 и прикрепленную к нему на нижнем конце винтовую лопасть 2. В теле винтовой лопасти 2 в центральной её части по окружности диаметром $D = \frac{D_{л} + d_c}{2}$ (в срединной части) через 45-60° выполнены перпендикулярно плоскости винтовой лопасти 2 сквозные поперечные отверстия (или прорези) 3 в количестве 6-8 штук (при угле 60° - 6_{шт} ($\frac{360}{60}=6$), при угле 45° - 8_{шт} ($\frac{360}{45}=8$ шт)) диаметром $d_c = (0,6-0,9) \frac{D_{л} - d_c}{2}$ с фасками 4 по концам отверстий, где $D_{л}$ - диаметр винтовой лопасти, а d_c - диаметр ствола (см. рис 1).

Погружают такую винтовую сваю в грунт путем приложения к стволу 1 осевого усилия P и крутящего момента $M_{кр}$. В грунте винтовая свая может работать, как и все винтовые сваи, не вдавливающие, выдергивающие N или горизонтальные нагрузки. При этом, благодаря арочному эффекту в сквозных поперечных отверстиях 3, последние практически никакого влияния на несущую способность сваи по грунту основания не оказывают, т. к. и фактически и в расчетах учитывается только площадь поперечного сечения брутто торца ствола сваи 1 и винтовой лопасти 2 (также брутто без учета отверстий). Но зато наличие сквозных поперечных отверстий 3 в винтовой лопасти 2 может снизить её металлоемкость и материалоемкость, по нашим подсчетам минимум на 30-40% и больше, в зависимости от размеров ствола и винтовой лопасти, для доказательства чего следует разделить объем (или площадь) всех отверстий в лопасти к объему (площади) всей винтовой лопасти за вычетом ствола. Это сделать весьма просто и лучше в цифрах.

Таким образом, конструкция облегченной винтовой сваи весьма проста, а металлоемкость и материалоемкость ее минимальны. Свая будет эффективна в применении во многих отраслях народного хозяйства, в том числе в фундаментах, в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве.

Расчет несущей способности по грунту основания данной винтовой сваи, как и других известных, может быть выполнен в соответствии с действующим нормативным документом СНиП 2.02.03 – 85, а также [1, 2].

Список использованных источников:

1. Чернюк, Владимир Петрович. Инженерные расчеты винтовых свай и анкеров в строительстве: монография / В.П.Чернюк, Е.И.Шляхова. Москва: РУСАЙНС, 2019.-138 с.
2. Чернюк, Владимир Петрович. Технические, технологические и прочностные расчеты винтовых свай / В.Чернюк, А. Бондарь, Е.Шляхова. – Издатель; Германия, LAP LAMBERT Academic Publishing, RU. 2017.-117 с.
3. Скрыгин, Л. Якоря. М.: Трапспорт. 1979. – 144 с.
4. Чернюк, Владимир Петрович. Винтовые сваи и анкеры в строительстве/В.П.Чернюк, В.Н.Пчелин, В.Н.Черноиван. – Минск, Ураджай, 1993.-176 с.

Янчилин П.Ф.

СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ГЕЛИОУСТАНОВКИ «ЛУЧ»

Брестский государственный технический университет, м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

В научно-исследовательской лаборатории БрГТУ «Пульсар» (под руководством д.т.н., профессора Северянина В.С.) были проведены исследования, направленные на увеличение эффективности гелиоустановок для условий РБ путём удешевления их конструкции, принципа действия и эксплуатации. В этой лаборатории были разработаны различные конструкции гелиоустановок «Луч», защищённые патентами [1-4]. Их назначение — улавливание и концентрация солнечных лучей в фокусе на сферическом теплоприёмнике, передача образующейся в фокусе теплоты теплоносителю, сбор нагретого теплоносителя в баке-аккумуляторе для последующего потребления.

Система слежения за Солнцем или трекер является одним из конструктивных элементов солнечных энергетических устройств с концентраторами. Предназначена она для ориентации отражающей поверхности точно перпендикулярно направлению солнечных лучей. Оптический КПД концентратора сильно зависит от точности работы системы слежения, что является следствием непрерывного вращения Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца в течение года, влияющее на изменение положение Солнца на небе по двум угловым координатам: азимуту и высоте.

Системы слежения можно классифицировать так:

- *по количеству осей слежения:* двухосевые и одноосевые. Двухосевые системы слежения свойственны, в первую очередь, осесимметричным концентраторам, т.к. их оптический КПД зависит от точности наведения, как по азимуту, так и по высоте; Одноосевые реализуют поворот солнечного модуля вокруг единственной центральной оси, что довольно удобно для электростанций большого масштаба;
- *по принципу слежения за Солнцем:* активные и пассивные;
- *по принципу работы:* непрерывного и периодического действия.

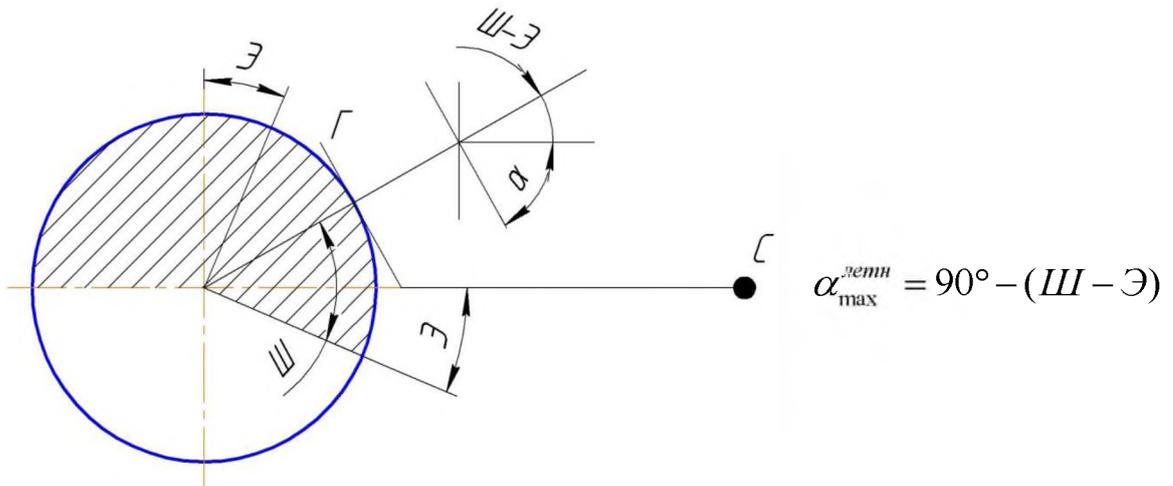
В гелиоустановке «ЛУЧ» применена активная двухосевая система слежения.

Оптическая система гелиоконцентратор перемещается вокруг теплоприёмника так, чтобы он все время был в фокусе. Таким образом, нужно учитывать как суточное, так и годовое перемещение солнца по небесной сфере. Это перемещение задается описываемой ниже системой, которая должна поворачивать гелиоконцентратор по горизонтали вокруг вертикальной оси колонны теплоприёмника, и по вертикали вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр теплоприёмника. Суточное горизонтальное вращение соответствует круговому на 360° (при этом ночное время является холостым ходом), а вертикальное зависит от времени года: максимальный подъём – 22 июня, минимальный – 21 декабря (летнее и зимнее солнцестояние).

Оптическая система совершает один оборот за сутки вокруг теплоприёмника в горизонтальной плоскости и подъём-опускание (наклон) в вертикальной плоскости. Цель этого движения — держать главную ось оптической системы (ось конусов, т.е. нормаль к плоскости гелиоконцентратора), направленной точно на Солнце все время светлой части суток в любое время года. Должна быть обеспечена суточная и сезонная соответствующая ориентация оптической системы. Кроме того, необходима минимизация капитальных и текущих затрат на изготовление, доводку, эксплуатацию всей гелиоустановки.

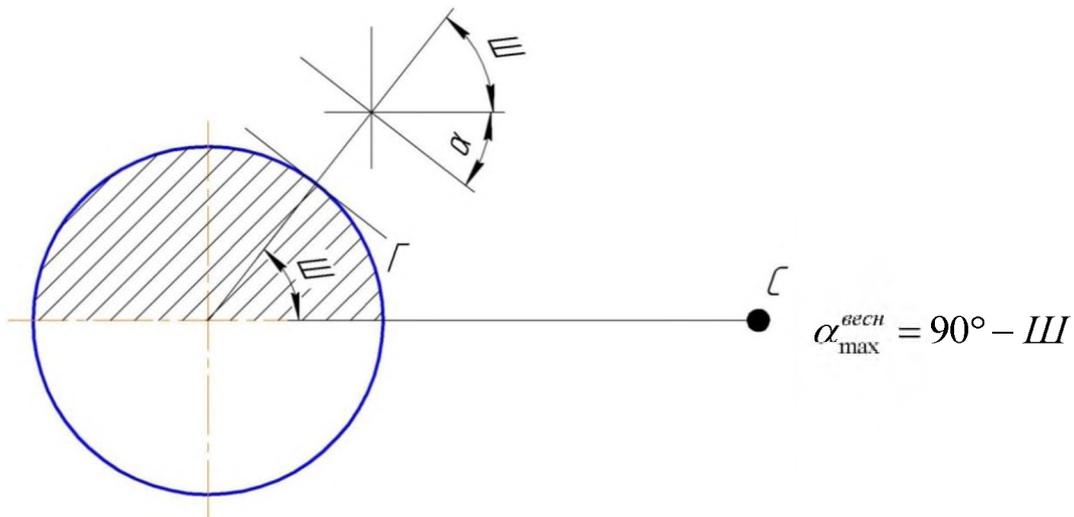
Дата
21.06.

Время
12⁰⁰



Дата
21.03

Время
12⁰⁰



Дата
21.12

Время
12⁰⁰

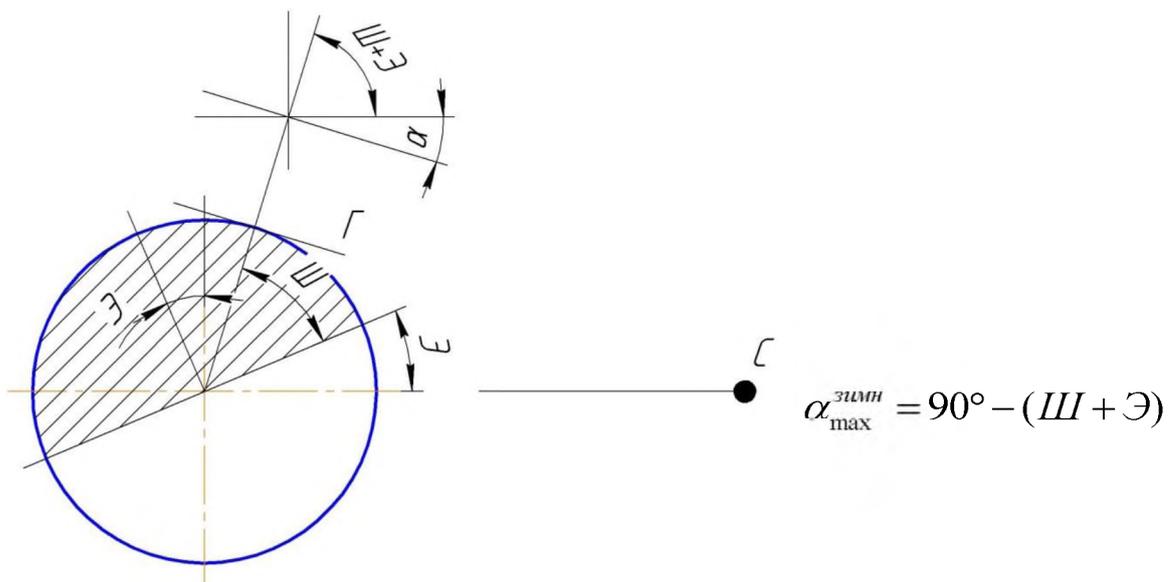


Рисунок 1 – Астрономические условия

На рисунке 1 показаны астрономические условия для определения параметров системы слежения, где приняты обозначения С – солнце, Г – горизонт, Э – эклиптика, равная 23°, Ш – широта абонента, α – установка луча.

Механизм слежения (подъёма) состоит из двух рычагов, закрепленных на ободе большого крепёжного кольца, двух тяг, соединенных снизу. Они опираются на

верхнюю часть копира. Стойки концентратора установлены на платформе, которая вращается равномерно при помощи электропривода (соленоид с зубчатым зацеплением или электродвигатель с червячным приводом).

Копир состоит из двух частей — суточного (один оборот за 24 часа) и сезонного (один оборот за 365 суток, год), который поднимает-опускает сезонный (максимум подъема — в день летнего солнцестояния, минимум — в день зимнего солнцестояния).

Список использованных источников:

1. Гелиоустановка, пат 3998, Респ. Беларусь М ПК F24 2/00/ Северянин В.С., / Заявитель Брестский гос. техн. у-т № 20070576, заявл 03,08,2007 г., опубл. 17.12.2007 г.
2. Гелиоустановка, пат 6889, Респ. Беларусь, М ПК F21 2/00/ K2/00 F21 S 11/00 /Северянин В.С, Власова Т.А., /Заявитель Брестский гос. техн. у-т,- № и 20100484 заявл. 21.05. 2010.
3. Гелиоустановка, пат 6939 U, Респ. Беларусь МПК F21 K 2/00/ F21 S 11/00 Северянин В.С., Янчилин П.Ф. /Заявитель Брестский гос. техн. у-т № 201005556, заявл. 14.06.2010 г.
4. Гелиоустановка, пат 8604, Респ. Беларусь МПК F24J Северянин В.С., Янчилин П.Ф. /Заявитель Брестский гос. техн. у-т № и 20120084 заявл. 30.01.2012.

Савчук Т.П.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА В БЕЛАРУСИ

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, доцент кафедры истории Беларуси

Электромобили, по прогнозам экспертов, будут составлять 20% мирового автопарка уже к 2030 г. Так, в Норвегии 54,3% машин, купленных в 2020 г., были электромобилями или гибридами. Это следует из данных Службы информации дорожного движения (OFV) в Осло. Такого показателя северная страна достигла первая в мире. В 2019 г. доля проданных новых автомобилей с нулевым выбросом вредных веществ составила 49,4%, а в 2020-м уже 54,3%. Самыми продаваемыми моделями в 2020-м стали Audi e-tron, Tesla Model 3, Volkswagen ID.3, Nissan Leaf, а также гибридная версия Volkswagen Golf. Норвегия считается пионером в области продвижения электромобилей. Бум электромобильности обусловлен государственными льготами. В частности, такие модели не облагаются рядом налогов, что позволяет удерживать цены на уровне бензиновых и дизельных аналогов [4, с. 5]. Беларусь также имеет все предпосылки для активного развития электротранспорта. В стране уже несколько лет наблюдается позитивная динамика в использовании электротранспорта, и это относится как к общественному, так и к персональному транспорту. Причин для такого перехода две. Во-первых, электротранспорт более экологичный в сравнении с традиционным и его массовое использование пойдет только на пользу крупным городам. А во-вторых, в связи с вводом в строй Белорусской АЭС в стране появился стабильный источник электроэнергии по прогнозируемым ценам, что станет стимулом для развития электрического направления в транспортной отрасли [1].

Электротранспорт становится одной из наиболее перспективных сфер для развития в Беларуси. Стимулирующие меры по развитию электротранспорта, предпринятые государством в 2020 г., дали свои положительные результаты: количество электромобилей в Беларуси увеличилось в четыре раза. Если в июне 2020 г. в стране было 400 электромобилей, то после отмены таможенной пошлины и НДС их стало более 1600. Специалисты «Белоруснефти» прогнозировали, что к 1 января 2021 г. количество электромобилей в Беларуси составит около 2000 штук. Но по итогам 2020 г. зарегистрировано было 1600 [2, с. 5].

К 2025 г. планируется увеличить до 30% долю общественного электротранспорта. При текущих прогнозах электромобили и другие виды городского электротранспорта смогут потреблять около 2,3 млрд кВт.ч электроэнергии, что составит до 12,5% от всей мощности Белорусской АЭС.

На сегодняшний день ведётся обсуждение проекта комплексной программы развития электротранспорта на 2021–2025 гг. «Необходимо выработать и принять системные решения по развитию всей сферы электротранспорта по наиболее востребованным направлениям его развития. Программа должна быть действительно комплексной — от научных исследований и разработок до стимулирующих мер по производству, приобретению и эксплуатации электротранспорта. То есть она должна быть «сквозной» и затрагивать фактически все сферы, так или иначе связанные с электротранспортом», – подчеркнул премьер-министр Роман Головченко [3].

В целом к 2030 г. уровень доступной электроэнергии в стране вырастет с нынешних 38 млрд кВт.ч до 42 млрд кВт.ч. Это даст возможность развивать все виды электротранспорта. Белорусские ученые разрабатывают собственные линейки легковых электромобилей, грузового электротранспорта и электробусов для использования на городских маршрутах. Автобусы на электротяге белорусского производства на данном этапе проходят испытания в городских условиях не только в Беларуси, но и за рубежом.

Но электротранспорт — это не только городской транспорт и электромобили. К этой категории относятся электросамокаты, электробайки и моноколеса. С развитием технологий и расширением доступа к электроэнергии их в Беларуси становится все больше. По данным Минского велосипедного сообщества, среди пользователей индивидуального мобильного транспорта постоянно растет количество пользователей электротранспорта. В 2020 г. оно достигло значения в 15% [1].

В Беларуси продолжает развиваться электроразрядная инфраструктура. На конец 2020 г. работало 289 ЭЭС. К 2022 г. планируется увеличить их количество до 600. Кроме этого, сетью электрозаправочных станций Malanka совместно с ПРООН и Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды разработана концепция проекта по продвижению электромобилей в Беларуси. В рамках проекта планируется установить две первые супербыстрые станции мощностью до 350 кВт в Минске [2, с. 5].

Список использованных источников:

1. Беларусь имеет все предпосылки для активного развития электротранспорта – эксперты // БЕЛТА – Новости Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/society/view/belarus-imeet-vse-predposylki-dlja-aktivnogo-razvitija-elektrotransporta-eksperty-434129-2021/>.
2. Вацило, С. Инфраструктура на вырост / С. Вацило // Энергетика Беларуси. – 2021. – № 2. – С. 5.
3. Долю общественного электротранспорта в Беларуси к 2025 году хотят увеличить до 30% // БЕЛТА – Новости Беларуси [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/dolju-obschestvennogo-elektrotransporta-v-belarusi-k-2025-godu-hotjat-uvlichit-do-30-424784-2021/>.

4. Электромобили в Норвегии заняли более половины рынка новых машин // Энергетика Беларуси. – 2021. – № 2. – С. 5. Стратегия. – 2011. – № 2. – С. 20–29.

Молош В.В., Томашев И.Г.

ПЛОСКАЯ СТЕРЖНЕВАЯ АППРОКСИМАЦИЯ КОНТИНУАЛЬНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭЛЕМЕНТА В РАСЧЁТАХ СОПРОТИВЛЕНИ СРЕЗУ

Брестский государственный технический университет, кафедра прикладной механики

Введение. В настоящее время выделяют два вида образования наклонной трещины при срезе железобетонных элементов без поперечной арматуры: 1 – трещина зарождается и раскрывается у нейтральной оси в зоне максимальных касательных напряжений и развивается на всю высоту сечения, достигая сначала его наиболее растянутой грани, а затем и наиболее сжатой (наклонная «трещина первого рода»), что свойственно элементам с большим количеством продольной арматуры в растянутой зоне; 2 – наклонная трещина зарождается как продолжения нормальной трещины (наклонная «трещина второго рода»). Авторы данной работы предполагают, что образованные на начальных этапах нагружения нормальные трещины оказывают существенное влияние на образование и развитие наклонной трещины, как в первом, так и во втором из описанных выше случаев.

Предпосылки расчётной модели. Для построения расчётной стержневой модели следует рассматривать состояние железобетонного элемента близкое к предельному. Идеализированная форма конструктивного элемента в деформированном состоянии в таком случае будет иметь нормальную трещину по границе площади приложения нагрузки (в балках) или по грани колонны (в плитах) (рис. 1а) и наклоненную под углом θ трещину среза. Полное сопротивление будет включать сопротивление изгибу (сечение 1, рис. 1б) и сопротивление сдвигу (сечение 2, рис. 1б), которые будут восприниматься возникающими в продольном и поперечном направлении составляющими внутренних сил в сжатой зоне бетона и растянутой арматуре, а также, возникающей при сдвиге по наклонному сечению, равнодействующей касательных напряжений, вызванных зацеплением контактирующих поверхностей бетона в наклонной трещине.

При наличии арматуры в сжатой и растянутой зоне конечно-элементную модель, описывающую распределение внутренних сил в плоскости по высоте элемента, предложено оформлять, как приведено на рис. 1в. Верхний растянутый и нижний сжатый пояса следует принимать неразрезными, что позволит более точно учитывать влияние продольной арматуры на сопротивление в целом и в частности, как нагельное сопротивление продольной арматуры в сечении с трещиной. При этом верхний растянутый пояс следует располагать на уровне центра тяжести растянутой арматуры, а нижний сжатый — на уровне центра тяжести сжатой зоны в бетоне. Сжатые бетонные подкосы и растянутые стойки следует принимать работающими только на растяжение сжатие, т.е. ограниченными шарнирами (рис. 1в).

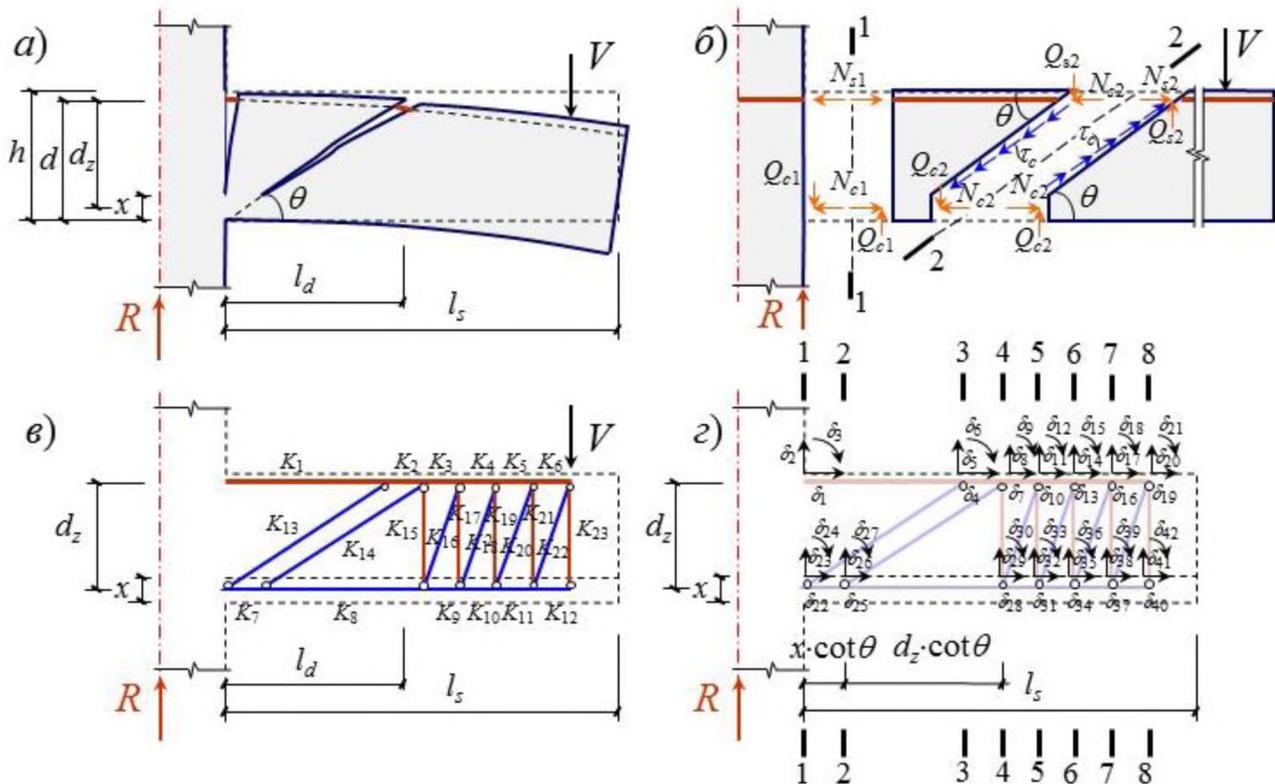


Рисунок 1 – Построение стержневой конечно-элементной модели, аппроксимирующей поведение железобетонного элемента под нагрузкой

В предложенной концептуальной модели конечные элементы K_{13} и K_{14} представляют наклонные сжатые подкосы, расположенные по обе стороны от наклонной трещины. Конечный элемент K_2 испытывает сложное сопротивление, при котором возникают деформации изгиба, сдвига и растяжения, что позволяет учесть сопротивление продольной арматуры в растянутой зоне растяжению и нагельному сопротивлению. Конечный элемент K_7 также испытывает сложное сопротивление и позволяет учесть деформации сдвига и сжатия в бетоне и арматуре в сжатой зоне при её наличии. Стойка K_{15} , работающая на растяжение, играет не менее важную роль, т.к. позволяет учитывать сопротивление отрыву защитного слоя бетона в его растянутой зоне. Таким образом, построенная стержневая модель, по мнению авторов, позволяет достаточно полно учесть все составляющие сложного сопротивления срезу железобетонного элемента.

Порядок расчёта и расчётные уравнения. На первом этапе следует выполнить расчёт нормальных сечений 1-8 (рис. 1д) на действие поперечной силы, используя уравнения общего деформационного метода расчёта нормальных сечений. Для этого необходимо разбить элемент по высоте на 10-12 полос и составить для поперечного сечения уравнения равновесия, уравнения совместности деформаций и уравнения физических свойств материалов:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \sigma_{ci} A_{ci} + \sum_{j=1}^m \sigma_{sj} A_{sj} = 0; \\ \sum_{i=1}^n \sigma_{ci} A_{ci} y_{ci} + \sum_{j=1}^m \sigma_{sj} A_{sj} y_{sj} = M_z; \end{cases} \begin{cases} \varepsilon_{ci} = \varepsilon_z + \psi \cdot y_{ci}; \\ \varepsilon_{sj} = \varepsilon_z + \psi \cdot y_{sj}; \end{cases} \begin{cases} \sigma_{ci} = f(\varepsilon_{ci}); \\ \sigma_{sj} = f(\varepsilon_{sj}), \end{cases} \quad (1)$$

где σ_{ci} , σ_{sj} – средние нормальные напряжения соответственно в i -й бетонной полосе (определяется в соответствии с [1]) и в j -м стержне арматуры; A_{ci} , A_{sj} – площадь поперечного сечения соответственно i -й бетонной полосы и j -го стержня

арматуры; y_{ci}, y_{sj} – расстояние по вертикали от наиболее сжатой грани бетона до центра тяжести соответственно i -й бетонной полосы и j -го стержня арматуры; M_z – изгибающий момент, вызванный действием внешней поперечной силы V ; ε_z – средние относительные деформации наиболее сжатой грани бетонного сечения; ψ – кривизна поперечного сечения элемента.

На втором этапе расчёта формируют данные для расчёта конечно-элементной стержневой модели: а) матрицы жёсткости конечных элементов в локальной системе координат $[K']$; б) матрицу преобразования координат $[T_\alpha]$; в) матрицы жёсткости конечных элементов в глобальной системе координат

$$[K] = [T_\alpha][K'] [T_\alpha]^T, \quad (2)$$

где $[T_\alpha]^T$ – транспонированная матрица преобразования координат; в) общую матрицу жесткости системы в глобальной системе координат; г) вектор внешних узловых нагрузок $\{P\}$.

Далее необходимо выполнить расчёт конечно-элементной стержневой модели, определив вектор перемещений $\{Z\}$, а затем и вектор усилий $\{r\}$

$$\{Z\} = [K]^{-1} \{P\}, \quad (3)$$

$$\{r\} = [K'] [T_\alpha] \{Z\}. \quad (4)$$

Касательные напряжения в i -й полосе наклонного сечения железобетонного элемента, вызванные зацепление контактирующих поверхностей в наклонной трещине, учитывают в виде внешней узловой нагрузки, определив предварительно по известной зависимости, предложенной F. J. Vecchio и M. P. Collins [2]:

$$\tau_{ci} = \frac{0,18\sqrt{f_{cm}}}{0,3 + \frac{23(d_z - y_i)\varphi}{a_g + 16}} \quad (5)$$

где f_{cm} – средняя прочность бетона на осевое сжатие; ε_c – текущая относительная деформация в бетоне при осевом сжатии; $w_i = (d_z - y_i)\varphi$ – ширина раскрытия наклонной трещины i -й полосы сечения железобетонного элемента; d_z – эффективная рабочая высота сечения железобетонного элемента; y_i – расстояние от наиболее сжатой грани до центра тяжести i -й полосы наклонного сечения железобетонного элемента; $\varphi = \theta'_{13} - \theta'_{14}$ – угол поворота наклонного сечения, определяемый как взаимный угол поворота наклонных подкосов, расположенных слева и справа от наклонной трещины (K_{13} и K_{14} на рис. 1з); θ'_{13} – угол наклона сжатого подкоса, расположенного слева от наклонной трещины (K_{13} , рис. 1з), в деформированном состоянии; θ'_{14} – угол наклона сжатого подкоса, расположенного справа от наклонной трещины (K_{14} , рис. 1з), в деформированном состоянии; a_g – максимальный диаметр зерна крупного заполнителя;

$$\theta'_{13} = \text{atan} \left(\frac{d_z - \delta_4}{d_z \cot - \delta_3} \right); \quad \theta'_{14} = \text{atan} \left(\frac{d_z + \delta_7 - \delta_{28}}{d_z \cot + \delta_6 - \delta_{25}} \right).$$

Относительные деформации в конечном элементе K_7 (в бетоне сжатой зоны), приближённо могут быть определены по формулам

$$\varepsilon_x = \frac{\delta_{25}}{x \cdot \cot \theta}; \quad \gamma = \frac{\delta_{26}}{x \cdot \cot \theta}; \quad \psi = \frac{\delta_{27}}{x \cdot \cot \theta}; \quad \begin{cases} \varepsilon_x = \varepsilon_1 \sin^2 \theta + \varepsilon_2 \cos^2 \theta; \\ \gamma = \varepsilon_1 \sin 2\theta - \varepsilon_2 \sin 2\theta. \end{cases} \quad (6)$$

где $\varepsilon_x, \gamma, \psi$ – относительные деформации соответственно при растяжении или сжатии, сдвиге и изгибе; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – главные относительные деформации в K_7 .

Для главных относительных деформаций должны выполняться условия:

$$\varepsilon_1 \leq \varepsilon_{cu}; \quad \varepsilon_2 \leq \varepsilon_{cu}, \quad (8)$$

где ε_{cu} – предельная относительная деформация в бетоне при осевом сжатии; ε_{ct} – предельная относительная деформация в бетоне при осевом растяжении.

Относительные продольные деформаций в растянутом конечном элементе K_{15} следует проверять исходя из условия:

$$\frac{\Delta l_{K15}}{l_{K15}} = \varepsilon_{K15} \leq \varepsilon_{ct}. \quad (9)$$

Относительные деформации в конечном элементе K_2 могут быть получены следующим образом:

$$\varepsilon_{K2} = \frac{\Delta u_{K2}}{l_{K2}} \leq \varepsilon_{su}; \quad \gamma_{K2} = \frac{\Delta w_{K2}}{l_{K2}} \leq \gamma_{su}; \quad \varphi_{K2} = \frac{\Delta \varphi_{K2}}{l_{K2}} \leq \varphi_{su}; \quad (10)$$

где $\Delta u_{K2} = \delta_7 - \delta_4$; $\Delta w_{K2} = \delta_8 - \delta_5$; $\Delta \varphi_{K2} = \delta_9 - \delta_6$; ε_{su} , γ_{su} , φ_{su} – предельные относительные деформации в арматуре соответственно при осевом растяжении, сдвиге и изгибе.

Итерационную процедуру расчёта следует выполнять до момента, когда перестанут выполняться приведенные выше условия. Так как конечно-элементная стержневая модель является статически неопределимой системой, при достижении в каком-либо элементе предельных деформаций рекомендуется исключить его из расчёта. Расчёт следует продолжать до разрушения n-1 связи в статически неопределимой стержневой модели, аппроксимирующей сопротивление континуального железобетонного элемента в зоне среза.

Заключение. Предложенная расчётная модель сопротивления срезу железобетонных элементов в целом позволяет учитывать совместное влияние основных составляющих внутренних сил, воспринимающих внешние воздействия: составляющую, вызванную зацеплением контактирующих поверхностей в наклонной трещине, нагельное сопротивление продольной арматуры совместно с её продольным растяжением, совместное сопротивление сдвигу и сжатию бетона в сжатой зоне конструктивного элемента. Все указанные параметры оцениваются при совместном деформировании элемента. Основной сложность следует считать определение внутренних изгибающих моментов в железобетонной плите при расчёте сопротивления срезу при продавливании, а также вопрос, касающийся точности соответствия и перераспределения внутренних усилий и деформаций в фактическом континуальном элементе и стержневой модели.

Список использованных источников:

1. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчёта и конструирования : учеб. пособие / Н.П. Блещик, Д.Д. Жуков, Д.Н. Лазовский ; под ред. проф. Т.М. Пецольда и проф. В.В. Тура. – Брест, БГТУ, 2003 – 380 с., с ил.
2. Vecchio, F. J. The modified compression-field theory for reinforced concrete elements subjected to shear / F. J. Vecchio, M. P. Collins // ACI Journal Proceedings. - 1986. - Vol. 83, iss. 2. - P. 219-231.
3. Игнатюк В.И. Метод конечных элементов в расчётах стержневых систем : учеб. Пособие / В.И. Игнатюк. – Брест, БГТУ, 2007 – 172 с., ил.
4. Тур В.В. Кондратчик А.А. Расчет железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил// Брест, БГТУ.– 2000.– 400 с.

Лешко Г.В., Игнатюк Т.В., Добродей С.М.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ДОРОЖНИКОВ

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии
строительного производства, студент строительного факультета группы П-352*

К специалистам дорожного хозяйства современных строительных площадок предъявляются особые требования: хорошая теоретическая база знаний, способность оперативно принимать верные решения, стрессоустойчивость, знание основных законодательных и нормативных документов в своей области.

Прочная основа успеха при изучении дисциплин специальности «Автомобильные дороги» зависит от преподавателей. Как заинтересовать студента? Монотонное чтение лекций, однообразность практических и отбывание занятий? Нет. Только специалист в своей области, понимающий молодое поколение, интересно предносящий информацию и имеющий собственную изюминку в преподавании сможет качественно реализовать подготовку наших студентов.

В качестве эффективных методов совершенствования подготовки специалистов-дорожников являются следующие активные методы обучения:

- лабораторные работы;
- практикумы с привлечением ведущих специалистов;
- научные конференции;
- круглые столы;
- дискуссии;
- коллективное обсуждение проблем.

На примере преподавания дисциплины «Охрана труда» для студентов специальности «Автомобильные дороги» рассмотрим подготовку будущих специалистов. В ней ведется упор на безопасность технологических процессов, на разработку инженерных решений по охране труда.

Ввиду специфики своей профессии (нет постоянного места строительства, городки на колесах, передвижной характер работы, опасность работы, опасность работы на действующих автомобильных трассах) у дорожников существует постоянный риск травм и несчастных случаев. Для строителей-дорожников всегда сложно создать бытовые условия — вода почти всегда привозная, мобильные биотуалеты, питание тоже привозное. Поэтому необходимо на занятиях рассматривать как можно больше мероприятий по технической безопасности процессов и оказанию доврачебной помощи пострадавшим.

Будущие специалисты-дорожники должны хорошо знать основные опасные и вредные производственные факторы, характерные для дорожного строительства, а также мероприятия и средства защиты от воздействия этих факторов. Важное значение имеет также изучение безопасности выполнения дорожных работ при эксплуатации машин и механизмов. Оказание доврачебной помощи — также одна из необходимых тем для будущих специалистов дорожного хозяйства.

Для качества подготовки специалистов назрела необходимость применения нетрадиционных методов обучения с использованием образовательных технологий.

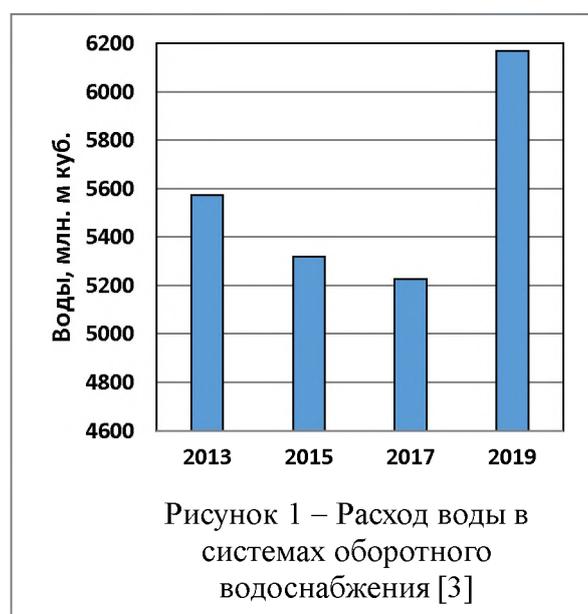
Список использованных источников:

1. Сборник материалов республиканского семинара «Научно-методические основы повышения качества подготовки инженеров для дорожного хозяйства», Минск, 11-12 ноября 2014 года.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕНИЯ НИТРАТОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО АНИОННОГО СОСТАВА

Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов.

Введение. Обеспечение водой промышленных предприятий является одной из важных народнохозяйственных задач. В зависимости от вида производства тот или иной вид водопользования может быть преобладающим. В подавляющем большинстве отраслей промышленности вода используется в *технологических процессах* производства: для охлаждения, промывки, замочки, увлажнения, парообразования, гидротранспорта, изготовления продукции и т.д. [1]. Использование воды для охлаждения по масштабам значительно превосходит все остальные виды потребления, причем удельный вес этой категории в общем объеме производственного водоснабжения продолжает расти [2].



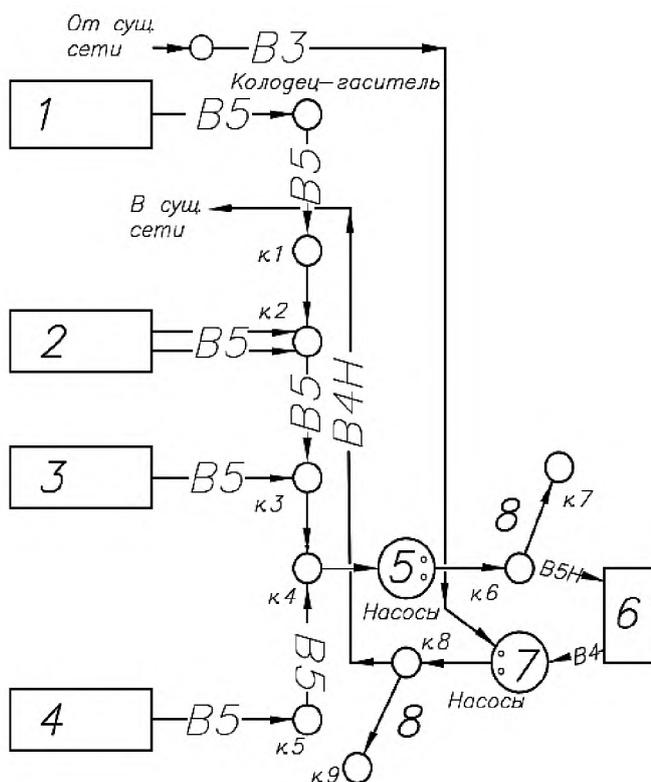
Поверхностные водные ресурсы Республики Беларусь представлены в республике главным образом речным стоком, который в средние по водности годы составляет $57,9 \text{ км}^3$. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до $92,4 \text{ км}^3$ в год, а в маловодные (95% обеспеченности) снижается до $37,2 \text{ км}^3$ в год [3].

С 2013 года в республике прослеживается тенденция к снижению объемов добычи воды из природных источников. Наибольшее сокращение характерно для забора поверхностных вод, за счет которых в основном обеспечиваются нужды промышленности и теплоэнергетики. В то же время, в последние годы прослеживается тенденция увеличения

процента использования воды природных источников в системах оборотного водоснабжения (рисунок 1). На предприятиях в области машиностроения система оборотного водоснабжения дает возможность довести экономию потребления исходной (из источника водоснабжения) воды до 90%, особенно в процессах гальванизации металлов. При этом вода используется повторно как для приготовления электролитных растворов, так и для промывки деталей. На предприятиях пищевой промышленности очищенную воду можно задействовать для промывания полуфабрикатов, а также в системах охлаждения как теплоноситель.

Проектирование охлаждающих оборотных систем предприятий. На кафедре водоснабжения, водоотведения, и охраны водных ресурсов УО БрГТУ в рамках курсового и дипломного проектирования решаются вопросы, связанные с оптимизацией, реконструкцией, техническим перевооружением систем коммунального и производственного водоснабжения, в том числе на базе реальных проектов (рисунок 2). Такой опыт включает в себя изучение охлаждающих оборотных схем в системах производственного водоснабжения промышленных предприятий ОАО «Брестмаш», ОАО «Брестский мясокомбинат».

Разработка охлаждающей схемы включает в себя проектирование сетей и сооружений для сбора нагретой и отвода охлажденной воды, выбор охладительного устройства, подбор насосного оборудования, с учетом действующих ТНПА [4, 5].



1–4 – цеха-водопользователи; 5, 7 – резервуары нагретой и охлажденной воды с насосным оборудованием; 6 – градирня; 8 – мокрый колодец.

Рисунок 2 – Технологическая схема сетей и сооружений оборотного водоснабжения ОАО «Брестмаш».

Выбор типа охладителя производится путем технико-экономического сравнения вариантов, с учетом показателей работы снабжаемого водой оборудования и требований технологических процессов промпредприятий к температуре охлаждающей воды. В системах оборотного водоснабжения широко принимаются вентиляторные градирни, которые обеспечивают глубокое и устойчивое охлаждение воды.

Заключение. Качество и себестоимость выпускаемой продукции промышленного предприятия в значительной степени определяется соответствующими свойствами используемой воды и ее расходами, а также сооружением эффективных систем водоснабжения. Проектирование охлаждающих схем в системах водного хозяйства промышленных предприятий отражает проблемы охраны окружающей среды и рационального водопользования. Использование оборотной системы водоснабжения с устройством градирни позволяет сэкономить до 24% свежей воды. Вместе с тем, применение в охлаждающих оборотных схемах погружных насосов не требует строительства отдельного здания насосной станции. Таким образом решаются вопросы энерго- и ресурсосбережения.

Список использованных источников:

1. Аксенов, В.И. Промышленное водоснабжение: учебное пособие / В.И. Аксенов, Ю.А. Галкин, В.Н. Заслоновский, И.И. Ничкова // Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 221 с.

2. Волкова, Г.А. Охлаждающие оборотные схемы в системах производственного водоснабжения / Г.А. Волкова, С.В. Андреюк // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 20 марта 2015 года. – Брест : БрГТУ, 2015 – С. 45–48.
3. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник; под общ. ред И.В. Медведевой. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020. – 202 с.
4. СН 4.01.01–2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2020.
5. СН 4.01.02-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Канализация. Наружные сети и сооружения». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2020.

Галимова Н.П.

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА БЕЛАРУСИ

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина

В течение всего периода развития цивилизации происходила борьба за обретение новых, более эффективных форм энергии. За тысячи лет был пройден путь от овладения огня до применения управляемой ядерной реакции в атомных электростанциях. Поэтому в истории человечества принято выделять несколько энергетических революций, которые заключались в переходе от одного доминирующего первичного источника энергии к другому. Результаты этих изменений затрагивали не только сферу энергетики и экономики, но и меняли социальный и культурный облик цивилизации. В настоящее время Мировая энергетика находится на перепутье. С увеличением народонаселения Земли экономика требует все больше энергии, а запасы ископаемого топлива, на котором основана традиционная энергетика, не безграничны. Рост стоимости ископаемого топлива усугубляется и тем, что достигшее колоссальных размеров использование углеводородов наносит ощутимый вред окружающей среде, что отражается на качестве жизни населения. А это означает, что в будущем потребности в энергии, а значит и в новых способах её получения, будут только увеличиваться. На смену эре углеводородов (нефти и газа), пришла эра использования альтернативной, чистой энергии.

Переход на альтернативные технологии в энергетике позволяет сохранить топливные ресурсы Беларуси для переработки в химической и других отраслях промышленности. Кроме того, стоимость энергии, производимой многими альтернативными источниками, уже сегодня ниже стоимости энергии из традиционных источников, да и сроки окупаемости строительства альтернативных электростанций существенно короче. Цены на альтернативную энергию снижаются, а на традиционную – постоянно растут. Численность и плотность населения республики постоянно растут. При этом трудно найти районы строительства АЭС, ГРЭС, где производство энергии было бы рентабельно и безопасно для окружающей среды. Общеизвестны факты роста онкологических и других тяжелых заболеваний в районах расположения АЭС, крупных ГРЭС, предприятий топливно-энергетического

комплекса. Именно с нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) связывают будущее энергетики. Усилиями мировой науки было обнаружено множество таких источников, большинство из них уже используется более или менее широко. В настоящее время общий вклад ВИЭ в мировой энергобаланс пока невелик, около 20 % конечного потребления энергии. При этом на долю биотоплива и гидроэнергии, используемых традиционными способами, приходится основная часть — около 17 %, на долю нетрадиционных ВИЭ всего около 3 %.

Всевозможные гелиоустановки используют солнечное излучение как альтернативный источник энергии. Излучение Солнца можно использовать как для нужд теплоснабжения, так и для получения электричества. Существуют разные способы преобразования солнечного излучения в тепловую и электроэнергию и, соответственно, различные типы солнечных электростанций. Наиболее распространены станции, использующие фотоэлектрические преобразователи (фотоэлементы), объединенные в солнечные батареи.

Солнечные электростанции активно используются более чем в 80 странах мира. Большинство крупнейших фотоэлектрических установок мира находятся в США. [1.].

На территорию Беларуси за год поступает солнечная энергия суммарной величиной около $3 \cdot 10^{14}$ кВт-часов, что эквивалентно 40 млрд. т. у. т. и более чем на три порядка величины превышает нынешнее общее потребление энергоносителей в государстве. Главный фактор, обуславливающий развитие фотовольтаики (использование энергии солнца) в Беларуси, — это наличие достаточной инсоляции (количества световой энергии, падающей на единицу поверхности). По количеству световой энергии, падающей на единицу поверхности (инсоляции), наша страна отстаёт от территорий, близких к экватору, однако находится примерно на одном уровне с такими странами, как Германия, Япония, Канада, где солнечная энергетика развивается очень активно. Принятый 6 мая 2010 года проект Закона Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» был разработан в целях создания правовой основы для реализации государственной политики в сфере производства и использования возобновляемых источников энергии. Документ направлен, прежде всего, на повышение уровня энергетической безопасности, а также на снижение антропогенного воздействия на окружающую среду и климат, сохранение невозобновляемых источников энергии для будущих поколений, создание, совершенствование и применение эффективных технологий и установок по использованию возобновляемых источников энергии.

В настоящее время у нас отсутствует развитая отрасль производства солнечных элементов и установок на их основе. Однако уже существуют некоторые предприятия, которые наладили их производство. Например, ООО «Электрет» уже много лет разрабатывает и внедряет солнечные водогрейные системы, предназначенные для горячего водоснабжения жилых домов, объектов соцкультбыта и промышленности. В 2009 году в Бресте было создано первое промышленное предприятие СООО «Солар-Груп» по выпуску высокотехнологичных полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Объем производства достигает 1.3 млн. пластин ФЭП в год. Во исполнение целевой государственной программы, согласно которой к 2012 году доля местных видов топлива и альтернативных источников энергии в энергобалансе должна быть доведена до 25%, руководством предприятия МО ОАО «Луч» было утверждено новое направление деятельности — проект «ЭкоЭнерджи». Целью проекта являлось освоение, установка, а также оптовая и розничная продажа оборудования, преобразующего энергию солнца и ветра в тепловую и электрическую энергию.

Научное и научно-техническое обеспечение и сопровождение программы направлено на достижение следующих целей. Во-первых, на повышение эффективности используемых фотоэлектрических систем и снижение себестоимости производимой ими электроэнергии. Во-вторых, на поиск новых, более эффективных и дешевых, материалов и методов изготовления СЭ, создание новых конструкций СЭ. В-третьих, на создание специализированного технологического и контрольно-измерительного оборудования по повышению производительности изготовления СЭ. И наконец, на проведение испытаний, измерений, аттестации и сертификации производимых СЭ.[2, 23.]. Таким образом, в Республике Беларусь есть необходимые условия для развития солнечной энергетики.

Одним из перспективнейших источников энергии является ветер. Для первоначального этапа развития ветроэнергетики Беларуси определены 1840 площадок для строительства как одиночных ВЭУ, так и ВЭС с потенциалом более 200 млрд кВт·ч. Выявленные на территории Беларуси площадки под ветроэнергетику — это, в основном, гряды холмов высотой от 20 до 80 м с фоновой скоростью ветра 5 м/с и более, на которых можно возвести от 5 до 20 ВЭУ. Выборочные обследования зон опытной эксплуатации ветротехнического оборудования на территории Беларуси показали, что при оптимальном выборе строительной площадки для возведения ВЭУ (на возвышениях и открытой местности, на берегах водных массивов и т.п.) окупаемость ВЭУ при среднегодовой скорости ветра 6-8 м/с укладывается в срок около 5 лет. Наиболее эффективно обеспечивается использование современной зарубежной ветротехники на территориях зон со среднегодовыми фоновыми скоростями не ниже 4,5 м/с на холмистом рельефе. К таким регионам относятся: возвышенные районы большей части севера и северо-запада Беларуси, центральная зона Минской области, включая прилегающие с запада районы, Витебская возвышенность. В итоге ветер может дать Беларуси 2-3% энергии от общего энергобаланса страны, максимум — до 5%.

Биоэнергетика позволяет из биотоплива разного вида получать энергию и тепло. Биоэнергетика сейчас находится в стадии активного развития. Крупные промышленные и сельскохозяйственные предприятия активно переходят на биотопливо, что дает им получать электроэнергию и тепло из органического мусора.

К альтернативным источникам энергии относятся не все виды биотоплива: традиционные дрова тоже являются биотопливом, но не являются альтернативным источником энергии. Альтернативное биотопливо бывает твердым (отходы деревообработки и сельского хозяйства), жидким (биодизель и биомазут, а также метанол, этанол, бутанол) и газообразное (водород, метан, биогаз). В Беларуси была принята целевая государственная программа, согласно которой доля местных видов топлива и альтернативных источников энергии к 2012 г. в энергобалансе должна быть доведена до 25%. Как заявил президент Республики Беларусь Александр Лукашенко, энергосбережение, использование альтернативных видов энергоносителей, прежде всего своих, возобновляемых, выходит на уровень задач национального звучания. На первом этапе ставка была сделана преимущественно на использование угля, торфа и древесины. Основным направлением стимулирования строительства новых объектов, работающих на местных видах топлива (МВТ), стали закупки концерном “Белэнерго” электроэнергии, вырабатываемой такими предприятиями, по повышенным тарифам. Принято решение в первые 5 лет их эксплуатации покупать электроэнергию в 1,3 раза дороже обычных тарифов. В результате подобных стимулирующих мер планировалось замещение природного газа местными видами топлива в системе Минэнерго Беларуси в 2010 г. порядка 460 тыс. т.у.т. По словам заместителя

министра энергетики Беларуси Леонида Шенеца, для реализации программы модернизации энергетической отрасли, в том числе на строительство ТЭЦ, работающих на угле и местных видах топлива, необходимо около 19,1 млрд долл., на внедрение энергоэффективных технологий и реализацию программ по энергосбережению планируется привлечь 12,5 млрд долл. За 2009-2010 гг. планировалось истратить 165 млн долл. на перевод котельных на местные виды топлива и жилищно-коммунальное хозяйство Беларуси. Это значительно бóльшие суммы, в сравнении с предыдущими годами. Ранее за 2005-2007 гг. на эти цели было затрачено около 62 млн долл. За последние шесть лет доля местных видов топлива значительно выросла с 5,3% до 21,7%, что позволило сократить долю импортируемых топливно-энергетических ресурсов ЖКХ с 94,7% до 78,3%. При этом неправительственными организациями в Белоруссии разрабатывается “концепция развития экологически чистой энергетики до 2050 года”. По мнению одного из разработчиков концепции, представителя международной организации Inforse Гунно Бойе Олесена, у Беларуси есть достаточный потенциал в использовании энергии солнца, ветра, биомассы и биогаза для того чтобы активно развивать свою альтернативную энергетику. Концепция предусматривает активное использование альтернативных источников энергии в различных сферах жизнедеятельности, в том числе в домостроительстве, внедрение энергоэффективных технологий в производстве, модернизацию энергетических сетей, энергосбережение. Реализация предложенного сценария позволит к 2050 г. полностью отказаться от импорта газа и нефти, а также от ядерной энергетики в республике. Необходимо также отметить то, что для более широкого применения альтернативных источников энергии в Беларуси нужно лоббировать их использование на разных уровнях. Так считает директор компании ООО “Белветроэнерго” Владимир Нистюк. Он говорит, что лоббирование станет одной из целей “Ассоциации возобновляемой энергетики”, к участию в которой приглашены и биоэнергетики, и гелиоэнергетики. Такая структура необходима, подчеркивал Нистюк, еще и потому, что альтернативная энергетика — это новая для Беларуси отрасль. Чтобы она эффективно заработала, необходимо принять соответствующее законодательство, добиться поддержки на государственном уровне и понимания перспективности возобновляемых источников энергии.

22 декабря 2009 года в Пружанах был заложен первый камень в строительство мини-ТЭЦ на местных видах топлива. Основными целями строительства мини-ТЭЦ на местных видах топлива в г. Пружаны являлись: повышение энергетической безопасности страны в связи с увеличением доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов, экономия топлива в энергосистеме за счет замещения газа местными видами топлива. Одним из определяющих критериев выбора города Пружаны для строительства мини-ТЭЦ послужила близость к источникам горючего сырья (торфозаготовки, древесные отходы).

Компания MW Power, совместное предприятие ведущих финских поставщиков энерготехнологий Metso и Wärtsilä, поставила для местной энергоснабжающей организации РУП «Брестэнерго» теплоэлектростанцию типа BioPower, работающую на биотопливе. Теплоэлектростанция типа BioPower 5 ДН предназначена для комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Она имеет высокий коэффициент полезного действия и низкий уровень выбросов. Пружанская станция полностью обеспечила районный центр энергией.

Главный потребитель тепла — жилой фонд. Раньше при пиковой нагрузке мощности котельной не хватало на весь город. Сейчас ее оставили как резервный вариант для таких случаев. В том, что касается электричества, самый большой в

райцентре «аппетит» — у молочного комбината. Даже с учетом расширения производства теперь достаточно только местных ресурсов. По программе развития малых городов мини-ТЭЦ должны занимать 25 процентов в общей выработке энергии. Тогда это позволит закрыть потребности большинства райцентров. Пружанская мини-ТЭЦ позволила ежегодно экономить около 900 т условного топлива и замещать 11 млн. куб.м природного газа. Станция в Пружанах показала, что она наиболее энергоэффективная среди аналогичных ТЭЦ в республике.

Список использованных источников:

1. <http://www.irb.basnet.by/ru/alternativnyie-istochniki-energii-vidy-i-ispolzovanie/>
2. В. Русан, Д. Казакевич Альтернативная энергетика. / Материалы Международной научно-технической конференции «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК» Минск. БГСХА, 2011. – 272 с.

Новосельцев В.Г., Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Торхова А.В.

НАПРАВЛЕНИЯ, МЕРОПРИЯТИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЖИЛЫХ ДОМАХ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Эффективное использование тепловой энергии в принципе не является очень сложной задачей. В большинстве случаев это вопрос: изменения привычек; устранения утечек тепла с помощью улучшения изоляции. Многие мероприятия не требуют больших финансовых затрат, однако являются очень эффективными. Другие мероприятия требуют определенных затрат. Приводим основные из них.

1. *Закрывайте шторы на ночь.* Речь в данном случае идет о коротких шторах, не закрывающих пространство вокруг отопительных приборов. Дело в том, что через окно "улетучивается " большое количество тепла, поэтому, закрывая на ночь короткие шторы, вы частично предотвращаете такого рода утечку.

2. *Уменьшение значения температуры воздуха на термостатическом клапане.* Если ваша квартира оборудована *термостатическими клапанами*, то целесообразно устанавливать более низкую температуру воздуха на ночь или уходя утром на работу. По мнению врачей, сон в прохладном помещении приносит больше пользы здоровью, чем сон в хорошо отапливаемом помещении. В том случае, когда вы проветриваете помещение желательно отключать термостат полностью. Проветривание с включенным термостатом является крайне неразумным и расточительным способом использования тепловой энергии.

3. *Освобождаем пространство вокруг радиаторов.* Слишком длинные шторы и мебель около радиаторных батарей заметно уменьшают эффективность отопления, поэтому желательно, чтобы пространство вокруг радиаторов было свободным.

4. *Плотно закрывайте двери комнат и квартиры.* Залогом экономии тепла являются плотно закрытые двери комнат и квартиры. Не давайте теплу так просто от вас избавляться!

5. *Не перегревайте квартиру.* Некоторые люди любят жарко натопленные квартиры, а потом поражаются большим счетам за отопление. Всегда помните:

каждый дополнительный градус температуры в помещении обойдется примерно в 6 процентов дополнительных затрат на энергию.

6. *Сознательное уменьшение температуру воздуха в квартире (или в частном доме).* Огромных результатов экономии тепла можно добиться за счет установки термостатического клапана на один-два градуса ниже обычной отметки. В холодное время года одевайтесь дома потеплее.

7. *Уменьшение сквозняков.* Много тепла, поступающего в квартиры, теряется через щели с помощью сквозняков. Особенно характерно наличие щелей и сквозняков для квартир, расположенных с обдуваемой ветром стороны. Поэтому в этих квартирах мероприятия по теплоизоляции могут принести наибольший эффект.

8. *Установка защитного экрана.* Между отопительным прибором и стеной вы можете поместить своеобразный защитный экран из алюминиевой фольги или теплозащитный экран с алюминиевым покрытием. Самым экономным является экран, обе стороны которого покрыты фольгой. Фольга отражает тепло, излучаемое радиатором: и направляет его обратно в комнату.

9. *Новые окна.* Замена старых окон на современные энергосберегающие стеклопакеты приведет к хорошему энергосберегающему эффекту. Большое количество тепла может быть сэкономлено за счёт застекления балкона.

Если рассмотреть тепловой баланс жилища, то потери тепла, возмещаемые, в основном, системой отопления выглядят примерно так:

- потери из-за неутепленных окон и дверей – 40%;
- потери через оконные стекла – 15%-25%;
- потери через стены – 20-30%;
- потери через вентиляцию – 30-40%;
- потери через потолки и полы – 3-6 %;
- потери через крышу – 10-25 %;
- потери через двери – 30 %.

Значительно сократить расходы на отопление помещений можно, сократив теплопотери в домах. Большую роль в снижении теплопотерь играет теплоизоляция. Чтобы тепло быстро не уходило, выполните внешнюю теплоизоляцию стен, утеплите потолок, крышу, перекрытие подвала. Для частного домостроения актуально все, высказанное выше. *Учитывая большой объем возможностей для энергосбережения в индивидуальном доме возможно следующее.*

1. Современный отопительный котел — лучший способ экономить энергию. Чем выше КПД котла, тем экономнее он расходует топливо. Современный низкотемпературный или конденсатный котел обходится примерно на 40% меньшим количеством энергии, чем устаревшая отопительная техника.

2. Современный отопительный регулятор регулирует и Ваши затраты на отопление. Установка современной системы регулирования отопления с автоматическим снижением температуры по ночам обходится недорого, однако она поможет Вам сэкономить много денег и энергии. Термостатные вентили теперь должны в обязательном порядке устанавливаться и в старых системах отопления.

3. Экономьте, не отапливая все помещения одинаково. Не все комнаты и объемы дома нуждаются в поддержании одной и той же температуры. Например, кладовые, спортивные залы, гаражные помещения, мастерские могут иметь слегка пониженную температуру, а детские, душевые или ванные комнаты — повышенную.

4. Не позволяйте горячей воде постоянно циркулировать. Циркуляционный насос с реле времени сокращает потери тепла и уменьшает стоимость электроэнергии, потребляемую насосом.

5. Принимать не ванну, а душ. Затраты энергии на принятие ванны примерно в три раза выше, чем на принятие душа.

6. Однорычажный смеситель обеспечивает постоянную температуру воды и низкие энергозатраты. Однорычажный смеситель, как и термостатный смеситель вносят свой вклад в дело экономного использования энергии. Они экономят значительное количество горячей воды.

7. Использование иных экономичных источников. Экономия топлива в отоплении возможна и при подключении альтернативных способов обогрева:

- тепловые насосы. Установка их в настоящее время недешева, однако они быстро приносят экономический эффект.
- солнечное отопление, позволяет сэкономить до 20% расходов даже в зимнее время. Эффективность зависит от количества солнечных дней в году.

При приготовлении пищи также есть возможности сэкономить газ:

• пламя горелки не должно выходить за пределы дна кастрюли, сковороды, чайника, иначе вы просто греете воздух в квартире (экономия 50% и более);

• деформированное дно посуды приводит к перерасходу газа до 50%;

• посуда, в которой готовится пища, должна быть чистой и не пригоревшей. Загрязненная посуда требует в 4-6 раз больше газа для приготовления пищи;

• использование на газовых плитах посуды с широким плоским дном, закрывающейся крышкой, желательно прозрачной, подогрев в чайнике только необходимого количества воды;

• применяйте экономичную посуду, эти качества обычно указывает ее производитель. Самые энергоэкономичные изделия — из нержавеющей стали с полированным дном, особенно со слоем меди или алюминия. Посуда из алюминия, эмалированная, с тефлоновым покрытием неэкономична;

• дверца духовки должна плотно прилегать к корпусу плиты и не выпускать раскаленный воздух.

В целом просто экономное использование газа дает сокращение его потребления в 2-3 раза.

Томашева Е.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ УРОВНЯ ЗАПАСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ ПО МЕТОДУ АВС

*Брестский государственный технический университет, ст. преподаватель
кафедры экономической теории и логистики*

Существующие системы управления запасами связаны с определенным порядком контроля их фактического уровня на складах. Ежедневно на предприятиях осуществляется анализ большого количества информации по продажам, поставкам, возвратам. Это предполагает расходование трудовых, финансовых и информационных ресурсов. Обычно из общего числа наименований запасов наибольшая стоимость приходится на относительно небольшое их количество. Данную зависимость отражает АВС-анализ. В общем случае АВС-анализ является методом, при помощи которого определяют степень распределения конкретной характеристики между отдельными элементами какого-нибудь множества.

ABC-анализ опирается на гипотезу о том, что в реальности обычно около 20% элементов обеспечивают около 80% результата. Эта гипотеза основывается на так называемом принципе (правиле) Парето, который был выдвинут итальянским инженером, экономистом и социологом Вильфредо Парето и утверждает, что в пределах заданной группы или совокупности отдельные объекты имеют гораздо большее значение, чем то, которое соответствует их доле в численности этой группы.

Если переложить на экономику предприятия, то получим следующее:

- 20% товаров, продукции, работ или услуг обеспечивают 80% дохода (валовой прибыли предприятия);
- 20% материалов формируют 80% всех материальных затрат;
- 20% поставщиков закрывают 80% потребностей организации в снабжении и т.д.

Применительно к размещению запасов метод ABC прост в расчетах, не требует больших исследований исходящего материалопотока, поскольку может быть основан только на данных о средних величинах спроса (потребления) по каждому наименованию запасов.

Разработчики подхода расширили количество групп, которые выделяются из совокупности анализируемых объектов, до трех. Это А, В и С. Группа: А – наиболее ценные или значимые товары (составляют 20% ассортимента, 80% оборота); В – средние по стоимости или значению товары (составляют 30% ассортимента, 15% оборота); С – наименее ценные или значимые товары (составляют 50% ассортимента, 5% оборота). Товары групп А и В обеспечивают основной товарооборот. Поэтому необходимо обеспечивать постоянное их наличие на складе.

Такой вариант является традиционным, но не единственным. Например, есть модификация метода, в которой выделяются еще две группы:

- D – абсолютно неликвидные товары, не продающиеся годами;
- N – товары-новинки, по которым пока не сформировалась статистика продаж и принадлежность к конкретной группе неочевидна.

ABC-анализ обычно не работает с абсолютной точностью. Например, возможно, что около 78% дохода обеспечивается за счет 17% от общего количества товарных позиций. Это нормально и не считается изъяном подхода [1].

Проведение ABC-классификации включает ряд этапов:

1. Выбор критерия классификации. Данный этап является единственным неформализованным шагом классификации. В качестве объектов анализа можно выбрать товар, товарную группу, поставщика и т. п. Затем необходимо определить параметр, по которому будет проводиться анализ. Механизм проведения ABC-классификации основывается на использовании одного критерия классификации, описывающего некоторую качественную сторону изучаемой совокупности объектов. Проблема выбора признака, на основании которого будет осуществляться классификация объектов управления (материальных запасов) является особенно актуальной. Действующая практика применения ABC-анализа предполагает разбиение ассортиментных групп с учетом значимости отдельных позиций запаса. Данное понятие предполагает определение доли того или иного наименования запасов в общем объеме реализации. Измерение объема реализации осуществляется в денежном или в натуральном исчислении. Так, например, в группу А обязательно войдет позиция запаса, которая обеспечивает наибольший годовой объем реализации (выручки и прибыли), независимо от того в каком количестве (натуральном исчислении) был реализован товар в течение года.

В целом выбор критерия классификации зависит, прежде всего, от стратегии предприятия, отрабатываемой на данном этапе развития. Для каждого из

функциональных подразделений (или функциональных областей) предприятия действующая стратегия может быть связана с реализацией специфического для данного подразделения направления работы. Например, стратегия удержания рынка за счет расширения ассортиментного ряда продукции на этапе закупок может быть достигнута за счет экономии затрат на закупку и транспортных расходов, в сфере производства – сокращения размера запаса незавершенного производства, в сфере сбыта – с повышением уровня обслуживания заказов потребителей и повышением прибыли от реализации. Выбор критерия ABC-классификации, таким образом, требует совместного обсуждения этого вопроса службой логистики с руководителями высшего уровня и с руководителями подразделений, связанных друг с другом логистической цепью движения материального потока. Будет ли на предприятии использоваться один или несколько (для каждой функциональной области логистики – свой) критериев классификации является задачей, связанной с реализацией заданной стратегии предприятия. Недостаток внимания к этому этапу классификации сведет на нет все усилия использования этого инструмента в практике управления деятельностью организации в целом [4];

2. Расчет нарастающего итога значения критерия классификации по номенклатурным позициям. Удельный вес значения критерия классификации рассчитывается как отношение значения критерия каждой из позиции к итоговой сумме значения критерия классификации. Для последующих номенклатурных позиций производится суммирование значения нарастающего итога предыдущей позиции со значением удельного веса текущей позиции.

3. Выделение классификационных групп. Для этого могут использоваться следующие методы [2]:

- эмпирический метод заключается в разделении объектов на группы на основе усредненных результатов ранее проведенных исследований. Преимущество метода заключается в его простоте, а недостаток - в том, что усредненные значения, используемые для выделения групп, не всегда соответствуют реальной ситуации. В соответствии с классической пропорцией 20% объектов должны обеспечивать 80% результата;
- метод суммы предполагает выделение групп по сумме. Преимущество данного метода перед эмпирическим в его гибкости, поэтому его результаты лучше отражают конкретную ситуацию;
- в основе дифференциального метода лежит среднее значение признака по всем объектам. Наиболее распространенными являются следующие соотношения: объекты, по которым значение признака в 6 раз и более превышает среднее значение признака по всем объектам, относятся к группе А. К группе С относятся те объекты, значение признака по которым в 2 и более раза меньше среднего значения признака по всем объектам. Остальные объекты относятся к группе В. На практике дифференциальный метод дает слишком маленькую группу А и большую группу С. Преимуществом метода является простота, которая на фоне недостатков сводится к минимуму. Недостаток данного метода заключается в неопределенности выбора коэффициентов, зачастую приводящей к некорректным результатам. В связи с этим применение дифференциального метода на практике ограничено;
- суть метода многоугольника заключается в следующем: в кривую ABC-анализа вписывается часть многоугольника таким образом, чтобы площадь между кривой и многоугольником была минимальной. Результаты, получаемые при

использовании данного метода, схожи с результатами дифференциального метода (слишком маленькая группа А и большая группа С);

- метод касательных заключается в разделении объектов анализа на группы при помощи касательных к кривой ABC-анализа. Преимущество метода в его гибкости, простоте и наглядности и др.

Результаты ABC-анализа можно использовать с тем, чтобы определить периодичность контроля за состоянием запасов на складах предприятий, а также вероятность наличия страхового запаса. Рекомендуемый уровень обслуживания потребности в А, В и С группах номенклатуры может быть довольно разнообразен. Однозначен приоритет группы А в уровне обслуживания — 98-95%. Группа В имеет более низкий уровень обслуживания, а группа С — наименьший (75-90%).

Позиции номенклатуры, отнесенные к группе А — немногочисленные, но на них приходится преобладающая часть денежных средств, вложенных в запасы. Уровень контроля за состоянием запаса должен быть повышенным в связи с приоритетным вниманием к данной группе. Это особая группа с точки зрения определения величины заказа по каждой позиции номенклатуры, контроля текущего запаса, затрат на доставку и хранение. Политика управления запасами требует использования модели управления запасами с фиксированным уровнем заказа, модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня или различных их модификаций.

К группе В относятся позиции номенклатуры, занимающие среднее положение в формировании запасов. По сравнению с позициями номенклатуры А, они требуют меньшего внимания, за ними производится обычный контроль текущего и страхового запасов на складе и своевременность заказа.

Группа С включает позиции номенклатуры, составляющие большую часть запасов: на них приходится незначительная часть финансовых средств, вложенных в запасы. Как правило, за позициями группы С не ведется постоянный учет, а проверка наличия осуществляется периодически (например, один раз в месяц или квартал); расчеты оптимальной величины заказа и периода заказа не выполняются. Другими словами, группа С, как группа наименьшего приоритета, довольствуется периодическим контролем, который реализуется в модели управления с фиксированным интервалом времени между заказами, модели «минимум-максимум» или различных их модификаций.

Список использованных источников:

1. Воробьева, О. Анализ складских запасов ABC/XYZ: что это и как провести / О. Воробьева [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://upr.ru/article/analiz-skladskikh-zapasov-abc-xyz-chto-eto-i-kak-provesti/>. – Дата доступа: 10.03.2021
2. Лукинский В.С.. Модели и методы теории логистики – С-Пб: Издательство СПбГПУ, 2009. – 660 с.
3. Сковорода, Е.В. Методический подход к проектированию стратегии управления производственными запасами на промышленных предприятиях // Е.В. Сковорода. Труды БГТУ, 2017, серия 5, № 2, с.104 – 108
4. Стерлигова, А.Н. Управление запасами широкой номенклатуры: с чего начать? // А.Н. Стерлигова [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: http://ecsocman.hse.ru/data/243/180/1217/AVS-XYZ_-_Loginfo.pdf. – Дата доступа: 10.03.2021

Новосельцева А.Г.

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ

*Брестский государственный технический университет, м.т.н., ст.
преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов*

Температура является одним из важнейших факторов окружающей среды, она влияет на физические, химические и биологические процессы, происходящие в окружающей среде. Она оказывает действие на вязкость воды, содержание кислорода, скорость химических реакций, рост водорослей и растений, а так же на обмен веществ у животных, что в свою очередь влияет на их распределение и поведение. Мониторинг изменения температуры воды в водных объектах является актуальной задачей для экологов. Водоемы-охладители, это естественные или искусственно созданные водные объекты. Они участвуют в системе оборотного водоснабжения ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и др. предприятий производящих электрическую и тепловую энергию. Как правило, из водоема-охладителя забирается вода на технологические нужды станции и сбрасывается нагретая вода, образующаяся после технологического процесса.

Водная экосистема водоемов-охладителей не уступает природной по своему биоразнообразию, на многих водоемах осуществляется рыбозаводство. Постоянный подогрев воды может оказывать как позитивное воздействие на организмы, так и становится причиной их массовой гибели при повышении температуры воды до экстремального уровня. Помимо прямого воздействия так же может возникать ряд значимых косвенных воздействий, таких как термическое эвтрофирование. Термическое эвтрофирование — это процесс увеличения трофности водоема вследствие ускорения круговорота биогенных элементов при повышении температуры водной среды. Его особенностью является увеличение продуктивности водных экосистем без загрязнения водного объекта соединениями биогенных элементов. Существование экосистемы водоема-охладителя зависит от объема и температуры, сбрасываемых в него подогретых вод [1, 2].

В Брестской области существует большое количество ТЭЦ, ГЭС, электрических сетей и др., которые, как правило, в своей работе используют водоем-охладитель. Это может быть озеро, пруд, река. По производительности самой большой электростанцией является Березовская ГРЭС, на которой сброс нагретых вод после технологического процесса производится в теплые каналы, впадающие в озеро Белое.

Рассмотрим изменение температуры воды р. Баба расположенной в Пружанском районе. Пружанские электрические сети осуществляют производство, передачу, распределение и реализацию электрической и тепловой энергии на территории Пружанского района. Проектная мощность Пружанской мини ТЭЦ составляет 3,7 МВт, а расчетная тепловая нагрузка 11,85 Гкал/ч.

Отработанную и нагретую воду предприятие сбрасывает в дождевую канализацию, а потом она поступает р. Баба. Как правило, один раз в год Брестским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды, проводится отбор проб, для измерения таких показателей в воде как: нефть и нефтепродукты, ХПК, БПК₅, фосфор общий, минерализация воды, рН, хлорид-ион, сульфат-ион и температура воды. Отбор производится на выпуске сточных вод, в реке выше и ниже выпуска. Допустимое повышение температуры воды в водоеме-охладителе в зимнее время на 5°С, а в летнее — на 3°С выше естественной максимальной температуры [3].

В таблице 1 приведены данные по температуре воды, полученные после отбора проб в 2014, 2015 году.

Таблица 1 – Температура воды р. Баба

| Дата отбора | Точка отбора | Температура, °С |
|-------------|-----------------------------|-----------------|
| 25.03.2014 | выпуск | 15 |
| 25.03.2015 | выпуск | 15 |
| | река выше (фоновый участок) | 10,2 |
| | река ниже (фоновый участок) | 10,6 |

Как видно из таблицы 1 после сброса сточных вод в р. Баба температура воды возле выпуска была 15°С, а температура воды выше и ниже выпуска составляла 10,2 и 10,6°С соответственно. Разница между температурой воды на выпуске и на фоновых участках составляет почти 5°С. Отбор проб производился в марте месяце, поэтому такая разница в температуре воды является допустимой. Однако, постоянное повышение температуры воды влечет за собой возможное изменение экосистемы водоема-охладителя, обеднение его видового состава, зарастание берегов водорослями и появление других отрицательных последствий.

Таким образом, изменение температуры воды водоема-охладителя вследствие сброса нагретой воды с тепло и электростанций требует повышенного внимания с целью предотвращения возможных негативных последствий для его обитателей.

Список использованных источников:

1. Безносков В.Н. Исследование процесса термического эвтрофирования в водоемах-охладителях АЭС / В.Н. Безносков, М.А. Кучкина // Водные ресурсы, 2002, том 29, №5. с. 610-615.
2. Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. Киев: Наук. думка, 1971. – 247 с. (36 с.).
3. Топачевский А.В. Цели и задачи гидробиологического исследования водоемов-охладителей тепловых электростанций / А.В. Топачевский, М.Л. Пидгайко // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. Киев : Наукова думка, 1971. – С. 6-10.

Клюева Е.В., Сальникова С.Р., Янчилин П.Ф.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

Брестский государственный технический университет, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Большую часть своего времени современные люди проводят в закрытых помещениях и поэтому при проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования важно не только обеспечить необходимые условия для трудоспособности, комфортные условия для жизни, но и эпидемиологическую безопасность. Свежий воздух создает комфортные условия для проживания, повышает иммунитет, улучшает здоровье и самочувствие. Раньше мероприятия по эпидемиологической безопасности обеспечивались в основном только для специфических помещений (например, больничные операционные и реанимации) и такие системы были достаточно дорогими, но теперь они должны проводиться для любых объектов за экономически приемлемые цены. В результате изучения распространения коронавирусной инфекции мировое инженерное сообщество пришло

к единому мнению, что вентиляция в зданиях является важнейшей составляющей в стратегии предупреждения распространения вирусов. В связи с этим разработаны конкретные предложения по системам вентиляции зданий, которые обеспечивают снижение риска распространения коронавирусной инфекции, а также сделан вывод о необходимости разработки новых критериев для оценки качества вентиляции зданий [1]. Однако эти исследования касались главным образом проектирования жилых и общественных зданий и лишь в малой степени — эксплуатации существующих зданий; в основном они относились к учебным зданиям и офисам [2].

Размер частиц коронавируса составляет 80-160 нанометров, и они остаются активными в обычных условиях до трех часов в воздухе помещения и до двух-трех дней на внутренних поверхностях и предметах. Есть риск передачи инфекции воздушным путем через мелкие частицы — меньше пяти микрометров, которые могут оставаться в воздухе в течение нескольких часов и транспортироваться на большие расстояния. Мелкие частицы образуются при кашле и разговоре и не исчезают из воздуха так быстро, как более крупные капли, которые оседают и высыхают. Этот механизм подразумевает, что увеличение вентиляции полезно для удаления большего количества частиц. Лучше вообще поддерживать постоянную вентиляцию, чтобы удалить частицы вируса из здания. Таким образом, риск заражения возрастает в плохо проветриваемых помещениях. В методических рекомендациях по профилактике COVID-19 указано, что согласно п.2.5.3. необходимо обеспечение регулярного проветривания помещений [3]. «Применение максимально возможных режимов естественной вентиляции (постоянного максимально возможного проветривания) позволяет достичь резкого снижения концентрации инфекционного аэрозоля в воздухе помещений и, соответственно, резко снизить риск распространения инфекций через воздух» [4]. Однако в некоторых случаях (на примере вентиляции помещений больниц) эффект может быть обратным: открытые окна способствуют потере аэродинамики всего здания и распространению инфекции. В случае применения естественной вентиляции и рекомендуемых частых проветриваний очень высок риск заражения людей, как в больнице, так и вокруг нее. Так как COVID-19 распространяется воздушно-капельным путем с потоком воздуха, в инфекционных больницах, а также в палатах, где находятся больные, необходимо управление потоками воздуха, его очистка и полное обеззараживание.

Неправильная эксплуатация и обслуживание системы вентиляции могут иметь серьезные негативные последствия, связанные с распространением коронавируса. Частые остановки и запуск системы вентиляции негативно влияют на работу HEPA-фильтров и на бактерицидную среду. Патогенные организмы, которые фильтр удерживает в процессе рабочей нагрузки, могут начать размножение во время остановки системы вентиляции. Более того, поскольку фильтры создают большой перепад давления и могут быть сильно изношены в процессе эксплуатации, запуск системы вентиляции после ее остановки способен спровоцировать проскоки и залповые выбросы накопленных патогенных организмов в воздухопровод.

Чтобы противодействовать распространению вируса при проектировании систем вентиляции и кондиционирования в современных условиях, прежде чем внедрять какие-то элементы систем, необходимо учитывать в техническом задании информацию о том, что это за вирусы, в каких условиях они размножаются и распространяются и какие условия для них являются неблагоприятными. Рассмотрим некоторые особенности, которые можно почерпнуть из доступной информации: 1) размер частиц порядка 80-160 нм; 2) неблагоприятные условия — температура воздуха более 56°C в течение 10 минут способствует уничтожению вируса и воздействие ультрафиолетовых

лучей. Каким образом на основе даже этих простых данных можно продумать систему вентиляции. Во-первых, установка фильтров высокого класса очистки. Однако, даже HEPA-фильтр с самым высоким классом очистки H15 имеет размер ячеек гораздо больший размера частиц вируса, но следует учитывать, что эти фильтры работают не только по методу «сита», а используют способы чистки адгезии и аутогезии (обеспечивающие защиту на молекулярном уровне). Решетка фильтра имеет трехмерный вид, и воздух зигзагообразно проходит через эти отверстия, тем самым обеспечивается более тонкая очистка, нежели те микроны, которые заложены в H15. Но просто поставить фильтр H15 нельзя, необходимо предусмотреть многоступенчатую фильтрацию для длительной и нормальной работы системы. Во-вторых, чтобы нагреть воздух до температуры выше 56°C (и удерживать его в течении 10 минут) необходим воздухонагреватель — самый энергоемкий элемент системы. Нагрев воздуха даже до 18-20°C требует больших затрат энергии, и если нагревать еще на 40°C больше, то эти затраты возрастут в 2-3 раза. Т.е. такой вариант борьбы с коронавирусной инфекцией не практичен. А вот, что касается воздействия ультрафиолетовых лучей, то можно установить специальные УФ-обеззараживатели, которые обеспечат соответствующую обработку воздуха [4].

Еще одна особенность касается увеличения аэродинамического сопротивления вентиляционной установки из-за дополнительной системы очистки и изменения сопротивления фильтров в процессе эксплуатации. Это предъявляет особые требования к вентилятору, который должен быть более высоконапорным, но при этом эффективно работать с оптимальным потреблением энергии. Для этого хорошо подходят вентиляторы с электронно-коммутируемым двигателем с частотным приводом. Таким образом, на основании технического задания, определяются особенности будущей системы. Можно проработать каждый из вариантов, определяя, что можно реализовать и это будет относительно эффективно и экономически оправдано.

На что следует обращать внимание при эксплуатации и обслуживании систем вентиляции. В системах общественных и жилых зданий часто используются фильтры класса G4, которые улавливают достаточно крупные частицы и пыль, но никак не вирусы, что в принципе и не предусматривается. Но на эти обычные вентиляционные фильтры все-таки попадают частицы вирусов и бактерий. И зная, что частицы коронавируса сохраняют свою жизнеспособность до 48 часов на достаточно сухой поверхности, просто находясь на каких-то предметах, можно сказать, что на фильтрах за двое суток может накопиться значительное количество вредных веществ и вирусов. Это говорит о том, что осознавая современную ситуацию, необходимо менять эти фильтры возможно в 2-5 раз чаще, чем это предусмотрено изначально. На частоту замены фильтров могут повлиять такие факторы как близкое расположение к воздухозабору вытяжных отверстий или использование роторных теплоутилизаторов в уже существующих системах с рекуперацией.

Вторым моментом, требующим внимания, это наличие секции охлаждения воздуха и секции увлажнения. Важную роль играют правильное обслуживание и поддержание в чистоте всех элементов системы: охладителя, системы слива, сборника конденсата и др. Поддержание нормальной влажности в помещениях, особенно в отопительный период в условиях самоизоляции очень важно для здоровья. В монолитных многоквартирных домах, например, влажность зимой не превышает 15-20%, что маловато при постоянном нахождении дома и при необходимости работать удаленно. Исследования показали, что при типичных температурах в помещении относительная влажность воздуха выше 40% губительна для многих вирусов. Такая влажность также уменьшает рассеивание в воздухе за счет сохранения

относительно крупных капель, содержащих вирусные частицы, что приводит к их быстрому осаждению на поверхностях помещения, а увлажненный воздух способствует защите лёгких от инфекционных атак. Создавать же более высокую влажность необходимости нет, т.к. вирус устойчив к изменениям окружающей среды и восприимчив только к очень высокой относительной влажности — выше 80% и температуре выше 30°C, которые неприемлемы в помещениях.

Список использованных источников:

1. Serpanen O. Мнение специалиста и ученого: требуются новые критерии проектирования вентиляции // АВОК. – 2021. – № 2.
2. Табунщиков Ю.А. Вентиляция в больницах: кто виноват и что делать? // АВОК. – 2021. – № 2.
3. Методические рекомендации по профилактике COVID-19 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by/ru/novoe-na-sayte/metodicheskie-rekomendatsii-po-profilaktike-covid-19/>. – Дата доступа 09.03.2021.
4. Колубков А.Н. Практические рекомендации по борьбе с коронавирусом для систем вентиляции // АВОК. – 2020. – № 4 / Вентиляция.

Бондарь А.В.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗОК

Брестский государственный технический университет, м.т.н., ст. преподаватель кафедры технологии строительного производства

Древесина природный материал обладающий анизотропией характеристик механических и физических свойств. Изменение сопротивления древесины с течением времени, выражающееся в понижении прочности и нарастании деформаций при увеличении продолжительности действия нагрузки положило начало исследованиям в начале XIX века как в СССР так и за рубежом в Медисонской лаборатории США.

Основательное исследование длительного сопротивления проводилось в 1931 г. Ф.П. Белянкиным и В.Ф. Яценко и посвящены вопросам деформирования и сопротивления древесины с учетом ее упруговязких и пластических свойств. На основании экспоненциальных зависимостей деформации и прочности от времени рассмотрены деформирование и сопротивляемость древесины при постоянной нагрузке, ступенчатом нагружении, при машинных испытаниях древесины и в условиях релаксации напряжений. В дальнейших работах Ф.П. Белянкина рассмотрены несущая способность деревянных стержней при сжатии, изгибе и сложном сопротивлении, а также вопросы прочности и ползучести слоистых пластиков. Исследования Ф.П. Белянкина сыграли значительную роль в обосновании и развитии методов расчета элементов деревянных конструкций [1]. Большую роль сыграли исследования процессов деформирования и разрушения древесины при кратковременном и длительном действии нагрузок проведенные Ю.М. Ивановым и под его руководством в лаборатории деревянных конструкций Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В.А. Кучеренко [2]. Ю.М. Ивановым установлено, что существенное влияние на работу древесины в

конструкциях оказывает повторное приложения нагрузок, а исследование деформаций при повторной статической нагрузке вызывает разрушение древесины в результате накопления остаточных деформаций при фиксированной величине напряжения, а при напряжениях ниже этого предела древесина прочно сопротивляется действию повторных нагрузок. На основании данных исследования деформирования и разрушения древесины Ю.М. Иванов приходит к выводу, что реологические модели недостаточно хорошо отражают природу временной зависимости прочности и что при разрешении этой проблемы, несомненно, полезным является подход, учитывающий общие закономерности прочности и долговечности твердых тел под нагрузкой.

Развитие теории сопротивления древесины с учетом фактора времени и уточнение предложенных методов расчета должно основываться на новых данных о природе временной зависимости прочности. В этом отношении существенный интерес представляют экспериментальные исследования длительного сопротивления древесины, выполненные Н.Л. Леонтьевым [3]. Для проведения длительных испытаний древесины на растяжение и сжатие вдоль волокон, на изгиб, а также на скалывание вдоль волокон и на растяжение поперек волокон были созданы специальные установки и проведены изыскания рационального способа заготовки образцов. Выдерживание образцов под постоянной нагрузкой показало, что предел длительной прочности при сжатии и изгибе составляет менее 60%, а при растяжении и скалывании — не более 50% от кратковременной прочности. При этом наблюдались значительные колебания времени до разрушения для отдельных образцов при одинаковых уровнях нагружения, что объясняется большей изменчивостью физико-механических свойств сравниваемых образцов. Исследование деформаций выявило существенную зависимость их от уровня напряжения, времени выдержки образцов под нагрузкой и влажности воздуха. Проведенный Н.Л. Леонтьевым анализ экспериментальных данных показал, что линия длительного сопротивления древесины в полулогарифмических координатах близка к прямой, на что указывают высокие абсолютные значения коэффициента корреляции (0,942-0,999). Статистическая обработка данных о зависимости предела прочности от скорости машинных испытаний, полученных Л.М. Перелыгиным, позволила установить, что предел прочности находится в линейной зависимости от логарифма скорости нагружения. После выражения скорости нагружения через продолжительность испытания временная зависимость прочности при машинных испытаниях древесины может быть также представлена в полулогарифмических координатах. Сопоставление корреляционных уравнений прочности, полученных по результатам испытаний на изгиб под постоянной нагрузкой и машинных испытаний при возрастающем напряжении, показало, что расхождение между вычисленными значениями прочности по тем и другим уровням не превышает 6% в диапазоне изменения продолжительности действия нагрузки от нескольких секунд до нескольких лет. Исходя из того, что так же расхождение не имеет практического значения и находится в пределах точности испытаний, Н.Л. Леонтьев предложил упрощенный метод построения прямой длительной прочности на основании результатов машинных испытаний двух групп образцов: одной при большой, а другой при малой скорости нагружения. С помощью указанного метода были найдены поправочные числа на продолжительность действия нагрузки, входящие в уравнение длительной прочности, и составлены таблицы длительного сопротивления основных древесных пород для продолжительности действия нагрузки до 30 лет. Большая изменчивость поправочных чисел, достигающая до 50—60% от их средних значений, существенно

снижает надежность экстраполяции значений прочности на длительные периоды действия нагрузки. Следует иметь в виду также и то, что угловой коэффициент в уравнении длительной прочности для машинных испытаний древесины отличается от углового коэффициента для длительной выдержки образцов под постоянной нагрузкой, а это влечет за собой возможность получения различных оценок длительной прочности по результатам тех и других испытаний.

Данные полученные А.Я. Найчуком и Р.Б. Орловичем [4-5] по влиянию ориентации растягивающей силы на длительную прочность древесины весьма противоречивы. Так, исследования ориентационной зависимости характеристик прочности древесины [4, 5] при растяжении показали, что при углах наклона волокон минимальное время t_{\min} до разрушения характерно для угла 90° , а максимальное — для угла 0° при одном и том же уровне напряжений. Промежуточные значения времени до разрушения t_a , были определены для угла наклона волокон $\alpha = 45^\circ$ [5]. Данные результаты свидетельствуют о том, что анизотропия характеристик долговечности существенно зависит от угла α наклона волокон. С повышением α степень анизотропии характеристик кратковременной и длительной прочности увеличивается [4,5,6]. Из приведенного обзора работ по длительному сопротивлению древесины можно сделать вывод, что некоторые вопросы еще недостаточно выяснены. К их числу следует отнести вопрос о соотношении показателей прочности древесины при действии постоянной нагрузки и при испытании с постоянной скоростью деформирования, заданной скоростью роста напряжения, а также при ступенчато-возрастающих и повторных нагрузках.

Недостаточно исследован вопрос о влиянии на длительное сопротивление переменной влажности древесины. Представляет интерес сравнение долговечности и надежности современных клееных конструкций с деревянными конструкциями других видов. Следует отметить, что на анизотропию характеристик длительной прочности и ползучести древесины будут оказывать влияние такие факторы, как плотность, влажность, а также ориентация годичных слоев.

Таким образом, анизотропия характеристик длительной прочности древесины зависит как от внешних, так и внутренних факторов, где в качестве основных можно выделить: влажность, угол наклона волокон α , плотность и структуру древесины (порода), условия внешнего температурно-влажностного и силового воздействия.

Список использованных источников:

1. Белянкин, Ф. П. Деформативность и сопротивляемость древесины / Ф. П. Белянкин, В. Ф. Яценко. - К. : Из-во АН УССР, 1957. - 86 с.
2. Иванов, Ю. М. Длительная прочность древесины // Лесн. журн. - 1972. - № 4. - С. 76-82.
3. Леонтьев, Н. Л. Длительное сопротивление древесины. - М.-Л. : Гослесбумиздат, 1957. - 132 с.
4. Орлович, Р. Б. О применении критериев длительной прочности в расчетах деревянных конструкций / Р. Б. Орлович, А. Я. Найчук // Изв. вузов. Строительство и архитектура. - 1986. - № 5 - С. 15-19.
5. Найчук, А. Я. Теория и практика дальнейшего развития деревянных конструкций. Часть 1. О нагрузках, расчетных сопротивлениях и длительной прочности древесины / А. Я. Найчук, А. А. Погорельцев, Е. Н. Серов // Промышленное и гражданское строительство. 2018. - № 6 - С. 38-44.
6. Иванов, Ю. М. Длительная прочность древесины при растяжении поперек волокон / Ю. М. Иванов, Ю. Ю. Славик // Изв. вузов. Строительство и архитектура. - 1986. - № 10. - С. 22-26.

ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТОВ

Батурова А.В., Огиевич Н.В.

ПОДБОР ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ФИЗКУЛЬТУРНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

При проектировании системы кондиционирования зала бассейна в городе Волковыске были приняты следующие параметры наружного воздуха (таблица 1) [2]:

Таблица 1. Расчетные параметры наружного воздуха

| Периоды года | Температура наружного воздуха t_n , °С; | Энтальпия наружного воздуха I_n , кДж/кг | Скорость ветра v , м/с |
|--------------|---|--|--------------------------|
| Теплый | 26,6 | 51,5 | 3,3 |
| Холодный | -21,0 | -20,4 | 4,5 |

Расчетная температура внутреннего воздуха t_v для помещений плавательных бассейнов принимается в соответствии со СНиП 2.08.02-89 на 1-2°С выше температуры поверхности воды в бассейне. При этом температуру поверхности воды в бассейне необходимо поддерживать на уровне 26-28°С. Расчетная температура воды в ваннах крытых бассейнов для спортивного плавания принимается равной 26°С. Нормируемая температура воздуха в бассейнах — 27-28°С (принимаем 27°С). Температура воздуха удаляемого из верхней зоны помещения: $t_y = 28$ °С.

Нормируемая относительная влажность внутреннего воздуха (φ_v) в помещениях плавательных бассейнов принимается в соответствии со СНиП 2.08.02-89 равной 50-65% (в теплый период года принимаем 60 %, в холодный 50%).

MagiCAD - Отчет - балансировка воздухопроводов

Правка

Приточная Наружная приточная Общие результаты Рассчитать расход для несбалансированных устройств

Вытяжная Наружная вытяжная

| Свойство | Значение |
|--|---------------------------------|
| Информация о проекте | |
| Версия ПО: | MagiCAD для Revit 2019 UP-2 |
| Дата расчетов: | 10.03.2021 22:40 |
| Название проекта: | Наименование проекта |
| Номер проекта: | 0001 |
| Адрес проекта: | Укажите адрес |
| Заказчик: | Владелец |
| Дата выпуска проекта: | Дата выпуска |
| Название организации: | |
| Описание организации: | |
| Автор: | |
| Данные расчетов проекта | |
| Системы: | - |
| Суммарный расход: | 10710.0 м³/ч |
| Общее давление: | 129.0 Па |
| Вводные значения расчетов | |
| Плотность воздуха: | 1.20 kg/m³ |
| Динамическая вязкость воздуха: | 0.0001813 Па·с |
| Мин. ср на регулирующих клапанах: | 20.0 Па |
| Мин. ср на ВРУ: | 20.0 Па |
| Расчетное значение давления балансировки: | По вентиляционному оборудованию |
| Допустимая невязка предупреждения "за пределами диапазона*": | 0 % |

Рисунок 1 – Общие результаты аэродинамического расчета приточной системы

Согласно расчету по определению воздухообмен для асимилиации вредностей расчетная величина воздухообмена в зале бассейна G_p , кг/ч, т.е. расход воздуха для подбора оборудования, составила 14796 кг/ч.

Подбор приточных (воздухораспределительных) устройств произвели в программе Swegon "ProAirWeb 1.0" по результатам которого в расчетном помещении установили распределители CDKa-315 в количестве 18 шт.

Аэродинамический расчет систем кондиционирования воздуха проводится для определения диаметров или сечений воздуховодов или каналов, а также для нахождения потерь давления, возникающих при движении воздуха в сети. Подбор сечений, балансировка приточной и вытяжной систем произвели в MagiCAD в программе Revit.

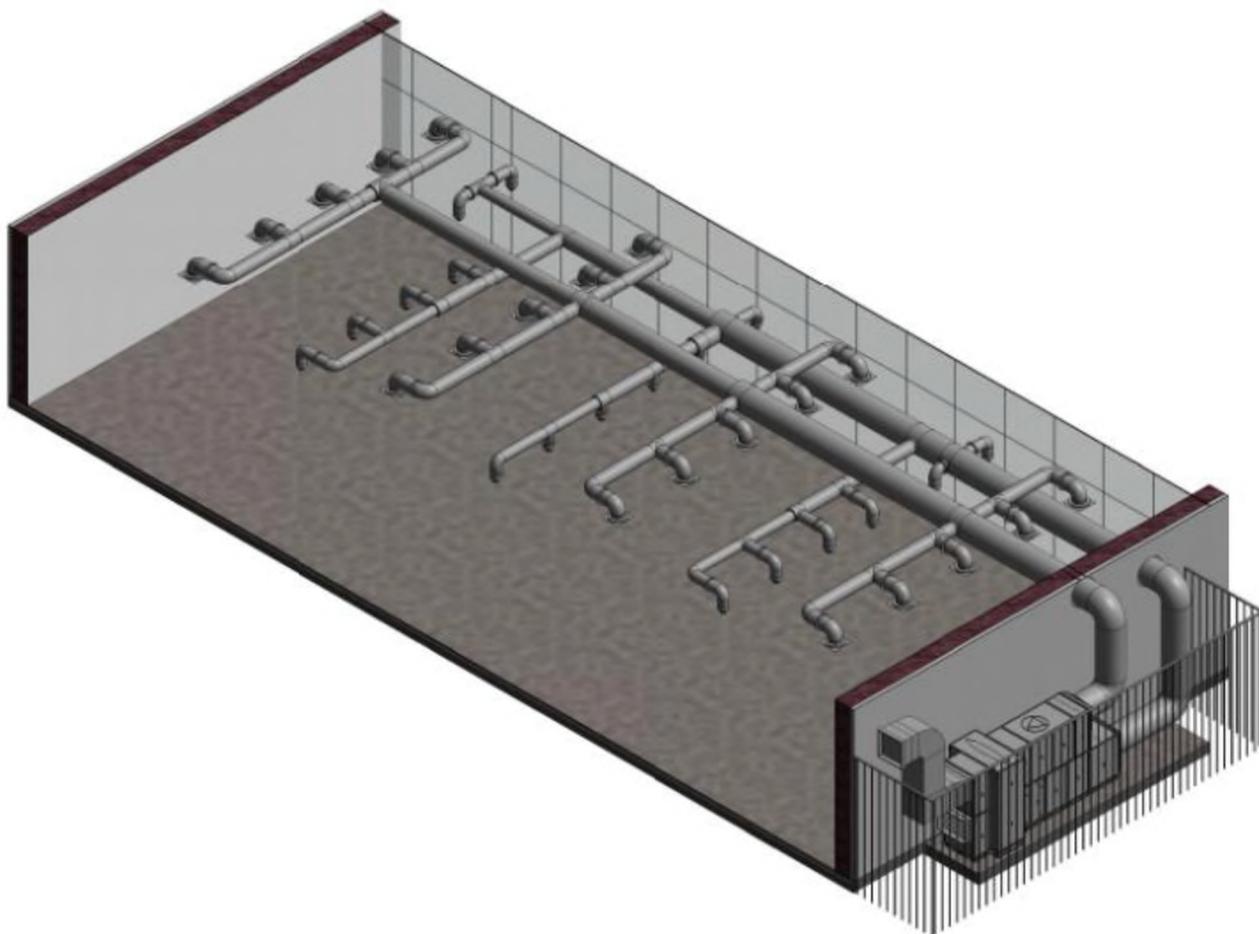


Рисунок 2 – 3D вид системы кондиционирования бассейна

Приточный вентилятор предназначен для забора воздуха в ЦК и его подачи в обслуживаемые помещения.

Потери давления в системе:

$$P_{\text{вент}} = \sum P_{\text{сист}} + P_{\text{ПК}} + P_{\text{ЗВ}}, \text{ Па}$$

где $\sum P_{\text{сист}}$ – сумма потерь давления в системе;

$P_{\text{ПК}}$ – потери давления в приточной камере;

$P_{\text{ЗВ}}$ – потери давления в воздухозаборе.

По результатам аэродинамического расчёта определили, что потери возникающие при движении воздуха в сети, составят:

$$\Delta P = 1,1 \cdot (P_{\text{реш.}} + \Delta P_{\text{ф1}} + \Delta P_{\text{ф2}} + P_{\text{кл}} + P_{\text{охл.}} + P_{\text{калор.}} + P_{\text{шум.}} + P_{\text{шахта}} + P_{\text{сети}})$$

$$\Delta P = 1,1 \cdot (21,5 \cdot 2 + 450 + 150 + 10 + 92 + 18 + 28 + 24,5 + 129) = 1038,95 \text{ Па}$$

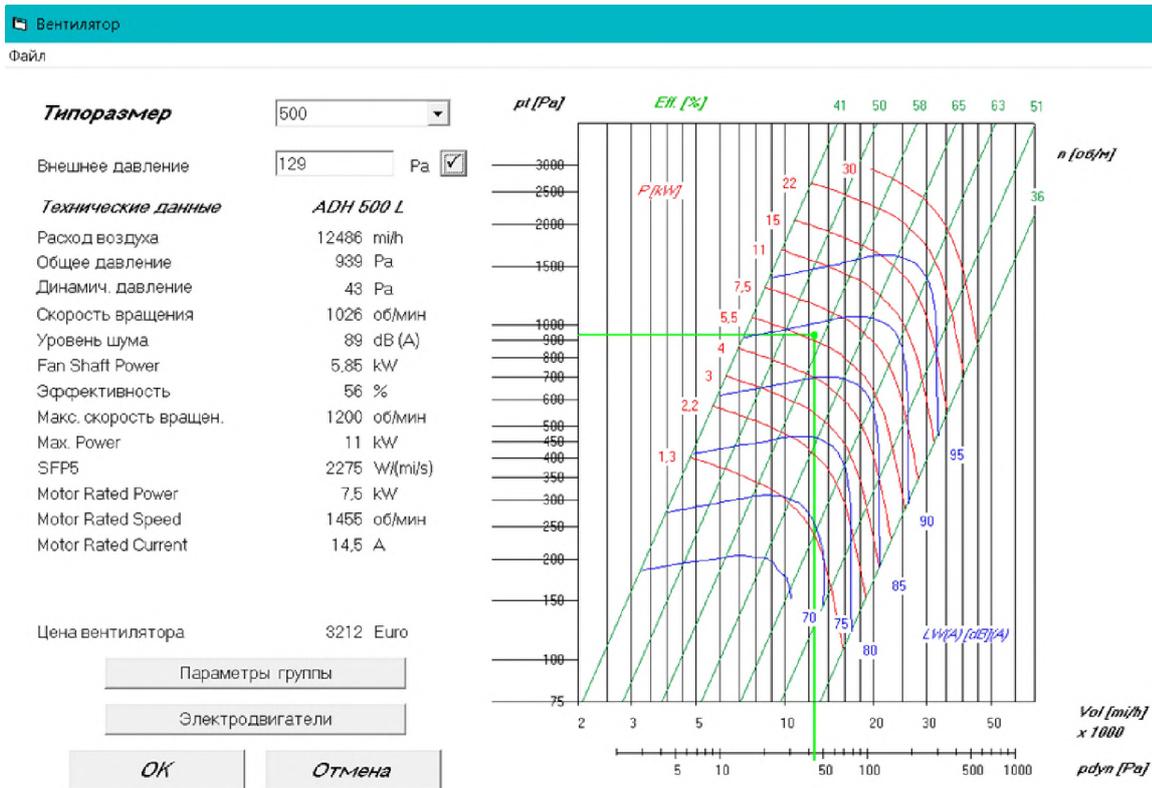


Рисунок 3 – Подбор приточного вентилятора

По установленным параметрам была принята приточно-вытяжная установка центральной системы кондиционирования воздуха PR160 (Premi@ir 40 французской фирмы Airwell), расчетная стоимость которой составляет 39061 Euro, отдельно приточного вентилятора – 3212 Euro.

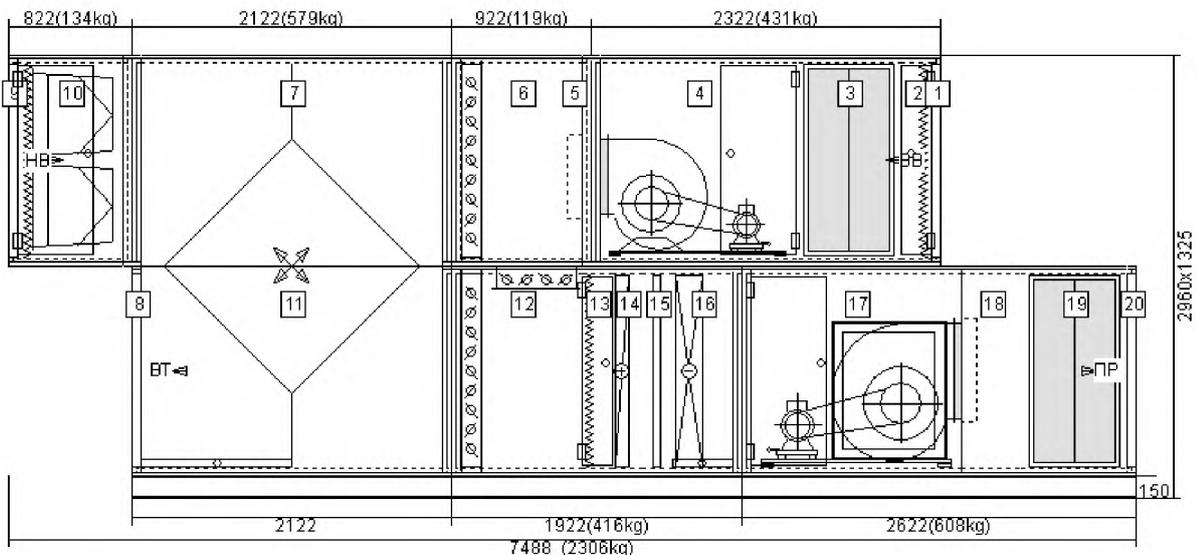


Рисунок 4 – Приточно-вытяжная установка

Список использованных источников:

1. Пособие к СНиП 2.08.02–89 Проектирование бассейнов. – 1991.
2. СНБ 4.02.01–03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.
3. СНБ 2.04.01–97 Строительная теплотехника. – Минск, 1998.

Петручик М.М.

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ПОКВАРТИРНОЙ РАЗВОДКОЙ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Новосельцев В.Г. к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

В настоящее время в жилых домах устанавливается система водяного отопления с горизонтальной разводкой труб. Данная система позволяет осуществлять регулирование и учёт потребляемой теплоты каждым отдельным потребителем в здании. Рассмотрим 5-и этажное здание, представленное на рисунке 1.

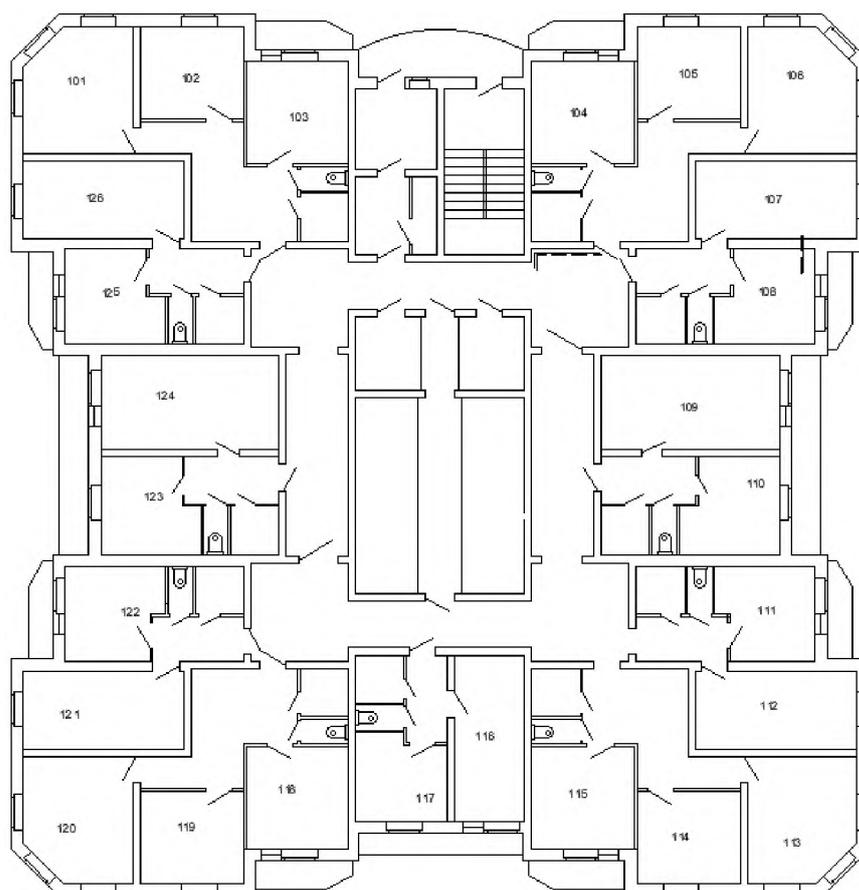


Рисунок 1. План первого этажа пятиэтажного здания.

Для того, чтобы спроектировать современную горизонтальную систему водяного отопления, в первую очередь, необходимо рассчитать потери теплоты во всем здании. Данный расчет необходим для определения тепловой мощности системы отопления.

Потери теплоты в помещениях. Общие потери теплоты для расчетных зимних условий:

$$Q_o = \sum Q + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}} \cdot (1 - \eta_1), \text{ Вт} \quad (1)$$

где $\sum Q$ – основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещения, Вт;

$Q_{инф}$ – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещения, Вт;

$Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения, регулярно поступающие в помещения здания от электрических приборов, освещения, людей и других источников, Вт;

η_1 – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа системы отопления и способа регулирования (для двухтрубной системы отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием $\eta_1 = 0,95$).

Основные потери теплоты определяют в соответствии с [1, прил. Ж] с округлением до 10 Вт путем суммирования потерь тепла через отдельные ограждения для каждого отапливаемого помещения по формуле:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_e - t_n) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2)$$

где F – расчетная площадь ограждения, м^2 ;

R – сопротивление теплопередаче ограждения, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

t_e – расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$, принимаемая для жилых зданий по [2, приложение В, табл. В.1],

t_n – расчетная температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, для холодного периода года [1, приложение Е, табл. Е.1];

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый по [1, табл.5.3];

β – добавочные потери теплоты через ограждения, принимаемые в долях от основных потерь:

Расход теплоты на нагрев поступающего воздуха в жилые помещения в результате действия естественной вытяжной вентиляции (организованный приток):

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho_e \cdot c \cdot (t_e - t_n) \cdot k, \text{ Вт} \quad (3)$$

где L_n – расход предварительно не подогреваемого приточного инфильтрующегося воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$L_n = 3 \cdot F_n, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4)$$

где F_n – площадь пола отапливаемого помещения, м^2 ;

ρ_e – плотность воздуха помещения, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяемая по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t_e}, \text{ кг}/\text{м}^3 \quad (5)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в ограждающих конструкциях, равный 1,0 – для окон со стеклопакетами.

Потери тепла для первого этажа с учетом коридора составили: 39600 Вт.

Потери тепла для промежуточного этажа с учетом коридора составили: 29224 Вт.

Потери тепла для последнего (пятого) этажа с учетом коридора составили: 34975 Вт.

Потери тепла на лестничной площадке: 1012 Вт.

Всего в здании потери тепла: 104811 Вт.

Тепловой расчет. Выбираем алюминиевые секционные радиаторы с односторонней боковой подводкой «Ferroli» для двухтрубной поквартирной системы водяного отопления (трубы проложены скрыто в конструкции пола в защитной трубе типа пещель). Отопительный прибор располагаем без ниши под подоконником у наружной стены под окном.

Гидравлический расчет. Гидравлический расчет выполняется для того, чтобы подобрать диаметры трубопроводов, регулировочные и балансировочные клапаны.

Расчет выполняют по аксонометрической схеме трубопроводов системы отопления. На схеме находят циркуляционные кольца, делят их на участки, наносят тепловые нагрузки каждого отопительного прибора, равные расчетной тепловой нагрузке помещения. Гидравлический расчет выполняется с использованием первого направления расчета. Оно состоит в том, что диаметры труб и потери давления в кольце определяются по задаваемой оптимальной скорости движения теплоносителя на каждом участке основного циркуляционного кольца. Оптимальная расчетная скорость движения воды для труб из полиэтилена должна определяться по рекомендациям изготовителей трубопроводов, в большинстве случаев скорость составляет 0,3-0,5 м/с, удельная потеря давления на трение R в среднем 150-250 Па/м.

Произведем гидравлический расчет двухтрубной системы водяного отопления квартиры на последнем этаже многоэтажного жилого дома. Расчетные параметры системы отопления $t_r=85^\circ\text{C}$, $t_o=60^\circ\text{C}$. Система отопления присоединяется к тепловым сетям посредством индивидуального теплового пункта. Подключение отопительных приборов выполнено боковое одностороннее с угловыми термостатическими клапанами "TS-FV" фирмы Herz (Австрия) на подающем трубопроводе и угловыми запорно-регулирующими клапанами "Штрёмакс" фирмы "Herz" на обратном трубопроводе. Расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора:

$$Q_m = Q_{np} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \text{ Вт} \quad (6)$$

Расход воды в отопительном приборе определяется по формуле:

$$G_{np} = \frac{0,86 \cdot Q_m}{t_r - t_o}, \text{ кг/ч} \quad (7)$$

В качестве основного расчетного циркуляционного кольца выбираем кольцо через самый нагруженный отопительный прибор квартиры. Диаметры трубопроводов подбираем по таблице каталога "KAN-therm" [1, прил. 6] для полиэтиленовых труб.

Гидравлический расчет каждой квартиры ведем независимо друг от друга.

Потери давления в термостатическом клапане и в запорном клапане определяется по формуле:

$$\Delta P = 0,1 * \left(\frac{G}{k_v}\right)^2, \text{ Па}, \quad (8)$$

где G – расход воды на участке, кг/ч;

k_v – пропускная способность клапана, м³/ч.

Для бесшумности работы клапанов рекомендуется задавать значение потерь давления $\Delta P_{\text{т.кл.}}$ каждого из ТК не более 20...25 кПа. С другой стороны, для эффективного регулирования расходов в параллельных кольцах двухтрубной системы отопления, не рекомендуется задаваться значением $\Delta P_{\text{т.кл.}}$ менее 4 кПа. Исходя из этих соображений, для основного расчетного кольца следует задаться максимально возможным открытием диапазона гидравлически настроек n , но при этом иметь потерю давления на клапане не менее 4 кПа.

Для того, чтобы убедиться в правильности подбора настроек для клапанов, необходимо определить внешний авторитет термостатического клапана:

$$a = \frac{\Delta P_{\text{ТК}}}{\Delta P_{\text{на трубах}} + \Delta P_{\text{ЗК}} + \Delta P_{\text{ТК}}}, \quad (9)$$

Рекомендуемые пределы 0,3-0,7 для внешнего авторитета термостатического клапана. Результаты гидравлического расчета главных колец сводим в таблицу 1.

Дальше необходимо произвести гидравлический расчёт и расчёт местных сопротивлений второстепенных колец. Расчет сводится к тому, что необходимо приравнять потери давления на основном кольце к потерям давления на второстепенных кольцах.

Таблица 1. Результаты гидравлического расчета главных колец.

| Квартира | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Потери давления в СВО с потерями на клапанах | 20008 | 16115 | 12670 | 14768 | 11583 | 15809 | 9316 | 18758 | 17416 | 15797 | 15370 |

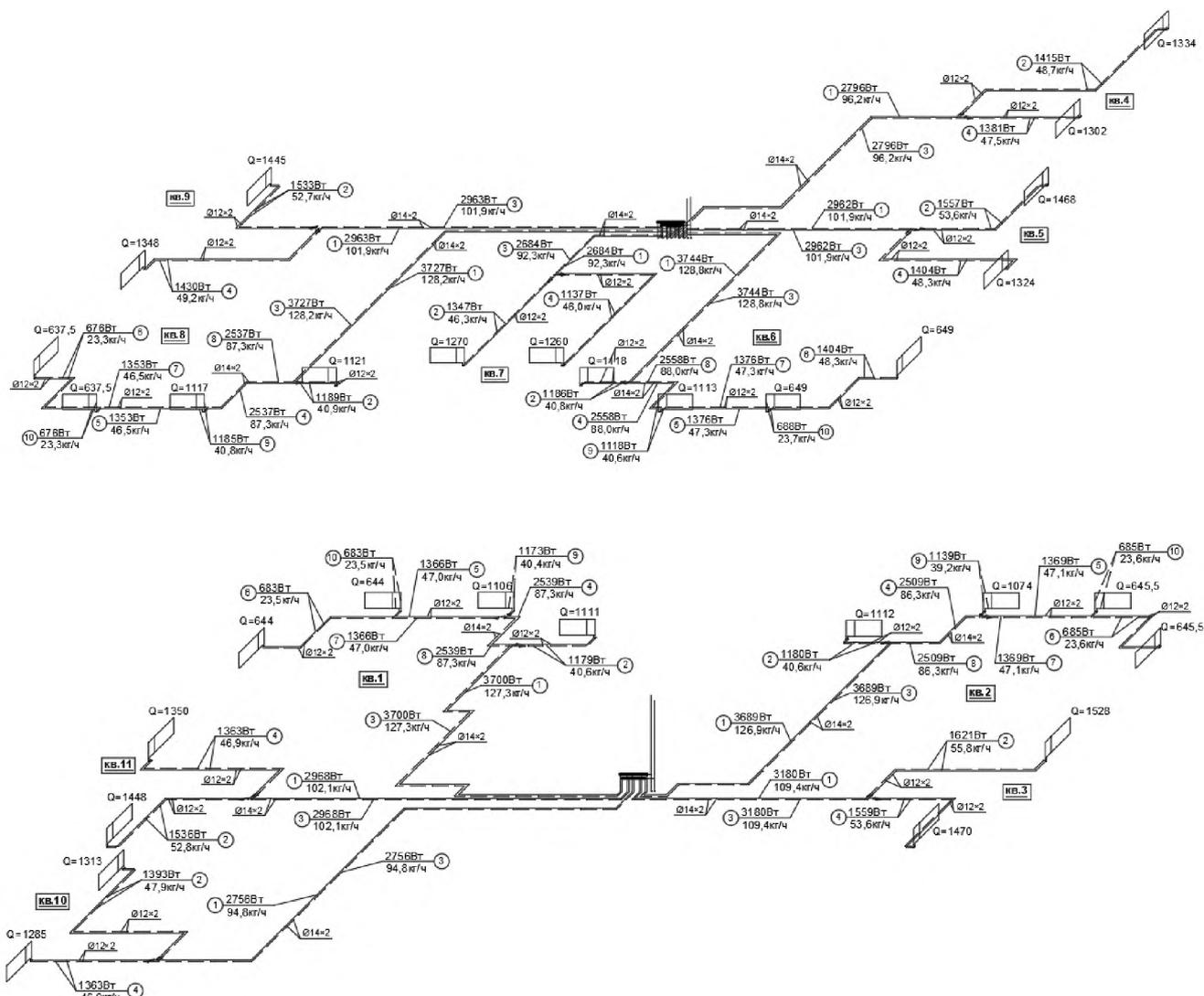


Рисунок 2. Аксонометрическая схема тепловодов системы отопления.

В работе рассмотрен один из вариантов современной системы водяного отопления с возможностью учета тепловой энергии потребителями. Эта система достаточно сложна, требует высокоточных расчетов, балансировки с применением специальных балансировочных клапанов и т.д. Однако существуют и другие, более простые варианты. Например, децентрализованная система водяного отопления с индивидуальными газовыми котлами в каждой квартире. Дальнейшим продолжением исследований будет являться анализ достоинств и недостатков этих систем.

Список использованных источников:

1. СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.
2. Каталог продукции “Ferroli”.
3. Покотиллов В.В. Системы водяного отопления. – Вена, 2008.

Эйсмонт Е.Д., Гвоздь А.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ НАСЕЛЁННЫХ ДОМОВ В СТРАНАХ СНГ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Новосельцев В.Г. к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

В процессе проектирования жилых и общественных зданий важную роль играют инженерные сети. Одной из таких сетей является система отопления, которая обеспечивает комфортное пребывание людей в помещениях и создаёт оптимальный микроклимат.

Долгое время в Беларуси и странах СНГ при проектировании систем водяного отопления предпочтение отдавалось вертикальной схеме. Однако возникла проблема с поквартирным учётом потребления теплоты, которая состояла в том, что через одну квартиру проходит не один, а несколько стояков отопления, к каждому из которых присоединён один или несколько отопительных приборов. Ставить на каждый стояк теплосчетчик оказалось экономически и технологически не целесообразно.

В связи с этим с 2013 года в Беларуси при проектировании систем водяного отопления для многоэтажных жилых домов начала широко применяться горизонтальная двухтрубная система отопления.

В такой схеме можно установить по одному теплосчётчику в каждую квартиру, а также просто следить за расходом тепла при помощи автоматического управления. На любом участке контура можно настроить температуру отдельно, в зависимости от конкретных потребностей помещения. Горизонтальная система отопления отлично подходит для скрытой установки, что позволяет визуально разгрузить помещение и улучшить тем самым его интерьер.

Эта система позволяет распределять теплоноситель более рационально за счёт возможности гидравлической балансировки с помощью запорно-регулирующей арматуры. Она включает в себя: термостатический клапан, регулятор перепада давления, автоматический и ручной балансировочные клапаны.

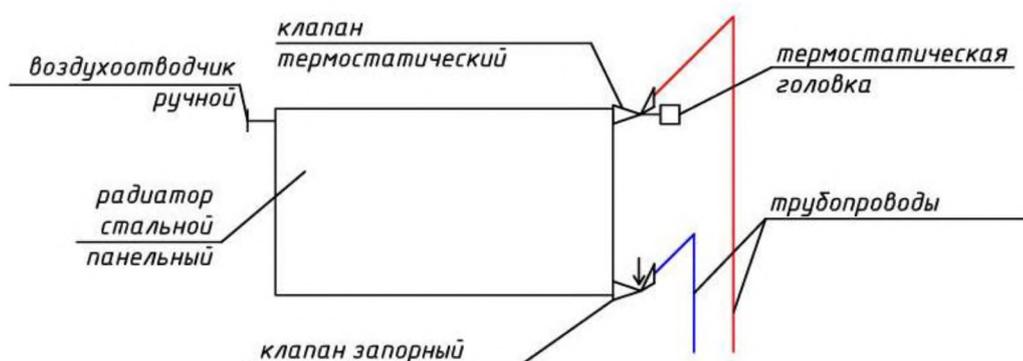


Рисунок 1 – Схема радиатора горизонтальной системы отопления с термостатическим клапаном

Для индивидуального автоматического регулирования и поддержания заданной температуры воздуха в помещениях применяют термостатические клапаны. Они устанавливаются на каждом радиаторе отопления и состоят из регулирующего

клапана и термостатической головки. При увеличении внутренней температуры воздуха клапан прикрывает отверстие для потока теплоносителя в отопительный прибор, тем самым поддерживая заданную температуру.

Для того, чтобы часть системы не была перегретой, а другая – недогретой необходимо произвести балансировку системы. Балансировочные клапаны – трубопроводная дроселирующая арматура переменного гидравлического сопротивления, используемая для гидравлической балансировки (увязки) отдельных колец системы отопления и стабилизации динамических режимов её работы.

Балансировочные клапаны бывают ручные и автоматические.

Ручные балансировочные клапаны (РБК) используются в системах водяного отопления в качестве ограничительных диафрагм (шайб), устанавливаемых на трубопроводы каждой квартиры. Данный клапан является и регулирующей, и запорной арматурой, а также может быть снабжён дренажным краном.

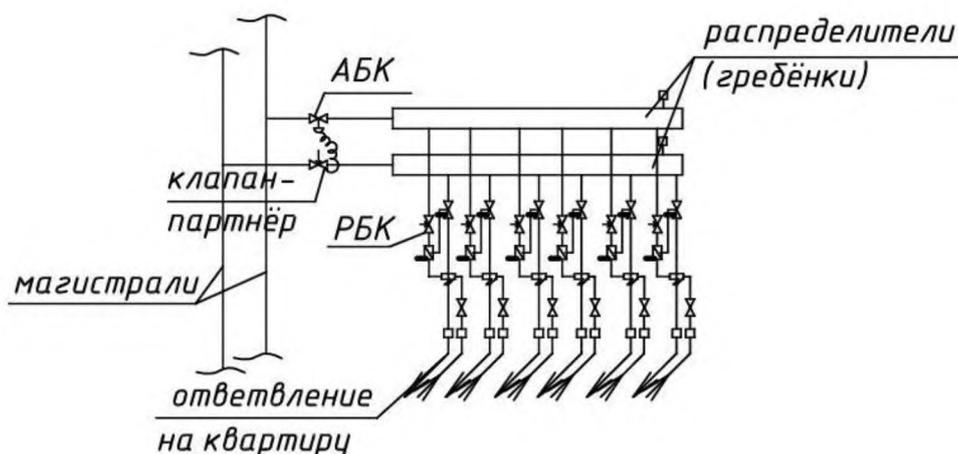


Рисунок 2 – Узел подключения систем отопления квартир к распределительному коллектору

Для поддержания постоянной разности давлений между подающим и обратным трубопроводами регулируемых систем, а также обеспечения постоянного расхода теплоносителя используется автоматический балансировочный клапан (АБК). АБК обеспечивает поддержание постоянного перепада давления на стояке или горизонтальной ветке системы водяного отопления с термостатическими клапанами за счёт увеличения потери давления на себе в процессе срабатывания на закрытие. Клапан устанавливают на обратном трубопроводе совместно с клапаном – партнёром на подающем трубопроводе. Автоматическая балансировка системы при любых нагрузках обеспечивает значительную экономию энергии.

Таким образом, изучение систем отопления, их регулирования создаёт перспективу для дальнейшего совершенствования в них оборудования и способов управления, что, в свою очередь, приводит к более комфортному пребыванию людей и экономичному использованию тепловой энергии.

Список использованных источников:

1. Новосельцев В.Г.; Новосельцева Д.В. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Отопление и вентиляция жилого дома» – Брест, 2019.
2. СН 4.02.03–2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2019.
3. В.В.Покотиллов “Системы водяного отопления”, 2008.

Батурова А.В.

РАСЧЕТ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ УСТАНОВОК ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Произведем оценку эффективности капиталовложений отдельно для подобранной приточной установки системы вентиляции расчетного помещения и отдельно для подобранного центрального кондиционера системы кондиционирования в расчетном помещении бассейна.

При проектировании системы вентиляции бассейна в городе Волковыске были приняты следующие параметры наружного воздуха (таблица 1) [2]:

Таблица 1. Расчетные параметры наружного воздуха

| Периоды года | Температура наружного воздуха t_n , °С; | Энтальпия наружного воздуха I_n , кДж/кг | Скорость ветра V , м/с |
|--------------|---|--|--------------------------|
| Теплый | 22,0 | 47,6 | 3,3 |
| Холодный | -21,0 | -20,4 | 4,5 |

При проектировании системы кондиционирования были приняты следующие параметры наружного воздуха (таблица 2) [2]:

Таблица 2. Расчетные параметры наружного воздуха

| Периоды года | Температура наружного воздуха t_n , °С; | Энтальпия наружного воздуха I_n , кДж/кг | Скорость ветра V , м/с |
|--------------|---|--|--------------------------|
| Теплый | 26,6 | 51,5 | 3,3 |
| Холодный | -21,0 | -20,4 | 4,5 |

Расчетная температура внутреннего воздуха t_v для помещений плавательных бассейнов принимается в соответствии со СНиП 2.08.02-89 на 1-2°С выше температуры поверхности воды в бассейне. При этом температуру поверхности воды в бассейне необходимо поддерживать на уровне 26-28°С. Расчетная температура воды в ваннах крытых бассейнов для спортивного плавания принимается равной 26°С. Нормируемая температура воздуха в бассейнах — 27-28°С (принимаем 27°С). Температура воздуха удаляемого из верхней зоны помещения: $t_y = 28$ °С.

Нормируемая относительная влажность внутреннего воздуха (φ_v) в помещениях плавательных бассейнов принимается в соответствии со СНиП 2.08.02-89 равной 50-65% (в теплый период года принимаем 60 %, в холодный 50%).

По заданным параметрам с учетом расчетного воздухообмена, учитывающего ассимиляцию вредных веществ расчетного помещения, $G = 51120$ кг/ч, была принята приточная установка RDH 800 K2. Расчетная стоимость приточной установки составляет 40620 Euro (125739.21 Br).

Для системы кондиционирования, в соответствии с заданными параметрами и установленным расчетным воздухообменом $G_p = 14796$ кг/ч, была принята приточно-вытяжная установка PR160 (Premi@ir 40 французской фирмы Airwell), расчетная стоимость которой составляет 39061 Euro (120913.33 Br).

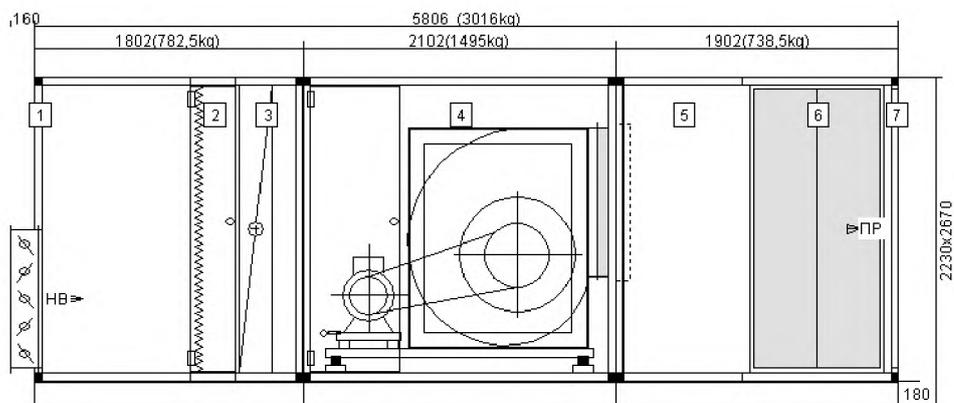


Рисунок 1 – Приточная установка RDH 800 K2

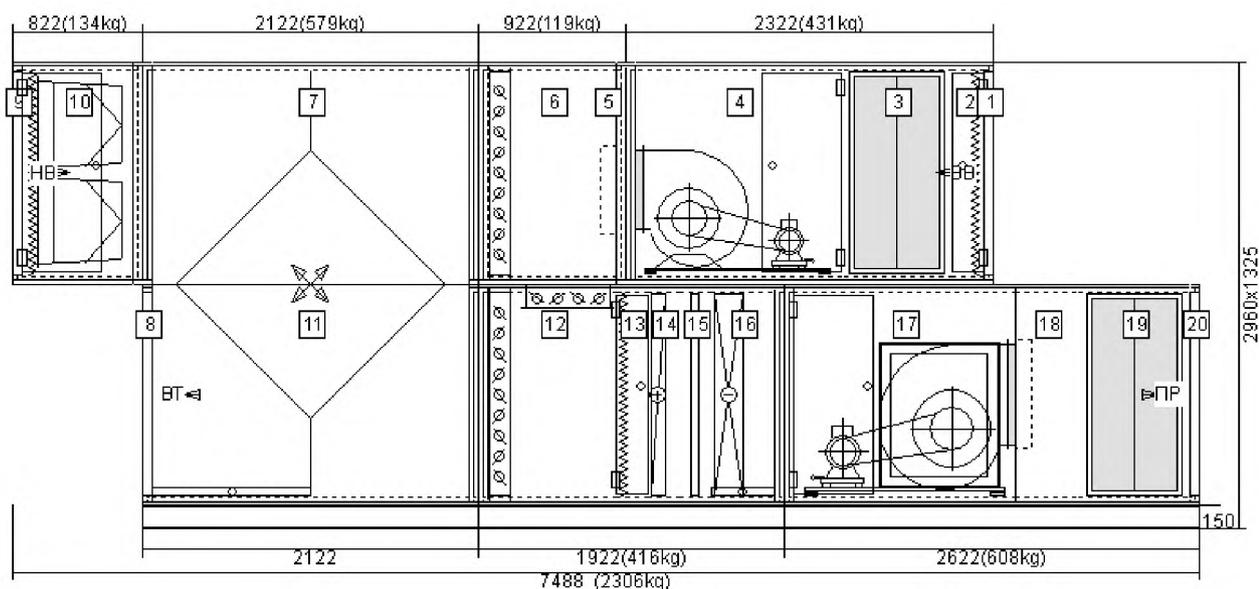


Рисунок 2 – Приточно-вытяжная установка PR160

Наиболее простым и понятным критерием оценки эффективности капиталовложений является срок окупаемости. Срок окупаемости представляет собой отрезок времени, после которого доход от проекта становится равен сумме вложенных денег. Коэффициент срока окупаемости при инвестировании в подобранные установки будет показывать, сколько нужно будет времени, чтобы вернуть вложенный капитал.

При создании и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования учитываются затраты:

1. За оборудование проектируемых систем и системы воздуховодов с теплоизоляцией, воздухораспределительные устройства, монтаж и пусконаладку оборудования;
2. За аренду площади подобранной установки, если помещение арендуется.
3. На покупку дополнительной установленной электрической мощности на вентиляционное оборудование (эти затраты необходимы, когда выделенной электрической мощности не хватает);
4. За потребление электрической энергии самой установкой и электрическим калорифером. Затраты включают в себя стоимость за потраченную энергию для нагрева наружного воздуха в холодный период года.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{D} = \frac{K_{\text{ты}}(\theta_t^y) + \Delta K_{\text{вп}}(\theta_t^y) + K_{\text{пр}}}{c_{\text{т}} \sum Q_{\text{год}}(\theta_t^y) + c_{\text{э}} \sum \mathcal{E}_{\text{год}}(\theta_t^y) + E_{\text{н}}(K_{\text{ты}}(\theta_t^y) + \Delta K_{\text{вп}}(\theta_t^y) + K_{\text{пр}})}$$

где: $K_{\text{ты}}(\theta_t^y)$ – затраты на закупку оборудования, доставку его до объекта, монтаж и наладку; Затраты на доставку до объекта, монтаж и наладку примем в размере 50% от общей стоимости установки.

$\Delta K_{\text{вп}}(\theta_t^y)$ – суммарное изменение капитальных затрат, связанных с введением в состав кондиционера дополнительных секций и вследствие этого изменение его конфигурации, $\Delta K_{\text{вп}}(\theta_t^y) = 0$, так как проектное решение на данном этапе не предполагает каких-либо изменений;

$K_{\text{пр}}$ – затраты на подключение к источникам энергоснабжения; Примем равными условно 30% от общей стоимости установки.

$c_{\text{т}}, c_{\text{э}}$ – тарифы на оплату соответственно тепловой и электрической энергии;

*Согласно тарифам, действующим с 1 января 2021 г., для юридических лиц для обеспечения работы систем вентиляции и кондиционирования, стоимость за единицу электроэнергии составляет 0,38994 руб/кВт*ч, тепловой энергии – 0,1095 руб/кВт*ч.*

$\sum Q_{\text{год}}(\theta_t^y)$ – сумма сэкономленных за год тепловых ресурсов;

$\sum \mathcal{E}_{\text{год}}(\theta_t^y)$ – суммарный расход электроэнергии;

Для приточной установки системы вентиляции: стоимость электроэнергии за весь период потребления составила 171450 Вр, тепловой энергии за весь период потребления – 30569 Вр.

Для приточно-вытяжной установки системы кондиционирования: стоимость электроэнергии за весь период потребления составила 45683,32 Вр, тепловой энергии за весь период потребления – 3563,8 Вр.

$E_{\text{н}}$ – норма отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание, примем равным 0.

Для приточной установки срок окупаемости составит:

$$T_{\text{ок}}^1 = \frac{125739,21 + 0,5 \cdot 125739,21 + 37721}{0,38994 \cdot 171450 + 0,1095 \cdot 30569 + 0,1 \cdot (125739,21 + 0,5 \cdot 125739,21 + 36273,9)} = 2,4 \text{ года}$$

Для приточно-вытяжной установки срок окупаемости составит:

$$T_{\text{ок}}^2 = \frac{120913,33 + 0,5 \cdot 120913,33 + 36273,9}{0,38994 \cdot 45683,32 + 0,1095 \cdot 3563,8 + 0,1 \cdot (120913,33 + 0,5 \cdot 120913,33 + 36273,9)} = 5,4 \text{ года}$$

Таким образом, чем меньше срок окупаемости, тем выше экономический эффект от применения данного типа установки. В нашем случае, несмотря на высокую стоимость приточной установки системы вентиляции, срок ее окупаемости значительно ниже, следовательно, она экономически выгоднее.

Список использованных источников:

1. Пособие к СНиП 2.08.02–89 Проектирование бассейнов. – 1999. – 7 с.
2. СНБ 4.02.01–03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.
3. СНБ 2.04.01–97 Строительная теплотехника. – Минск, 1998.

Крук А.В.

ВАРИАНТЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Новосельцев В.Г. к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Совершенствование системы теплоснабжения является одной из главных задач при решении проблемы энергосбережения. В этой связи приобретают все большее значение альтернативные методы теплоснабжения, в частности — децентрализованное.

При централизованном теплоснабжении источники тепла (котельные) значительно удалены от конечного его потребителя. Эта система в свое время представлялась наилучшей технологией теплоснабжения, однако сейчас она обнаруживает значительные недостатки. К ним следует отнести, прежде всего, большую протяженность теплотрасс. Их прокладка и ремонт требуют значительных затрат как трудовых, так и материальных. Проблему теплопотерь в сетях при централизованном теплоснабжении в полной мере не решают даже новые теплоизоляционные материалы, а аварийные ситуации приводят к серьезным проблемам [1].

Децентрализованное теплоснабжение потребителей осуществляется от источников теплоты, не имеющих общей тепловой сети. В децентрализованных системах источник теплоты и теплоприемники потребителей совмещены в одном агрегате или находятся так близко друг от друга, что не требуется специальных устройств для транспорта теплоты (тепловой сети).

Системы децентрализованного теплоснабжения подразделяются на индивидуальные и местные. В индивидуальных системах теплоснабжение каждого помещения обеспечивается от отдельного собственного источника (поквартирное отопление). В местных системах отопление всех помещений здания обеспечивается от отдельного общего источника (домовой котельной).

В последние годы в связи с развитием новых экономических отношений наметилась тенденция к децентрализации теплоснабжения промышленных предприятий и жилого сектора. Практикуется строительство автономных источников теплоснабжения: блочных, модульных и крышных котельных, оснащенных полностью автоматизированными котельными агрегатами, имеющими высокие энергетические и экологические показатели.

Для поквартирного децентрализованного отопления имеются два основных варианта — газовый котел и электрический.

В квартире с отдельным котлом, отопительный сезон начинается тогда, когда хозяева сами просто нажмут на кнопку включения котла. Регулировка температуры в каждой комнате так же в руках проживающих. Можно поднять температуру отопления при похолодании и уменьшать когда на улице стало тепло.

Ещё одно немаловажное преимущество поквартирного отопления — возможность экономии средств при оплате отопления и горячего водоснабжения.

Поквартирное отопление также упрощает учёт расхода тепла. При использовании такой схемы не нужно устанавливать для каждой квартиры индивидуальный счётчик тепла и горячей воды. Фактически требуется только учёт расхода газа, холодной воды и

электроэнергии. В результате жильцы уверены, что оплачивают только те ресурсы, которые потрачены на их личные нужды, и им удобно вести расчёты.[2]

Выбор типа систем теплоснабжения — централизованной или децентрализованной — зависит от величины и плотности тепловых нагрузок, а так же от совокупности технических, экономических, экологических, градостроительных, социальных, санитарно-гигиенических и эксплуатационных факторов. Вопрос технико-экономического обоснования новых систем теплоснабжения является актуальным и более трудным для городов, где сложились и функционируют крупные централизованные системы теплофикации и теплоснабжения. Для остальных случаев, как правило, имеется полная экономическая и техническая свобода выбора типа системы энергоснабжения [3].

На данный момент в Республике Беларусь успешно применяются системы децентрализованного теплоснабжения. В соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 225 от 18.02.2010. «Об утверждении Концепции развития теплоснабжения в Республике Беларусь на период до 2020 года», при развитии и модернизации систем теплоснабжения населенных пунктов, удаленных от системы централизованного теплоснабжения, следует отдавать предпочтение индивидуальным системам отопления и горячего водоснабжения многоквартирных и блокированных жилых домов с использованием электронагрева и местных топливно-энергетических ресурсов при технической и экономической целесообразности [4].

Сведения, предоставленные в данной работе, предполагают дальнейшее развитие вопроса о целесообразности перехода к децентрализации систем теплоснабжения.

Список использованных источников:

1. Е.А. Иванова – «Автономные системы теплоснабжения» 2017г.
2. <http://www.cherven.by/2013/12/decentralizacija-teplosnabzhenija/>
3. «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» В.М. Пилипенко, Минск, 2013
4. Постановление Совета Министров РБ № 225 от 18.02.2010. Об утверждении Концепции развития теплоснабжения в Республике Беларусь на период до 2020 г.

Батурова А.В., Гришкевич М.Ю.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Сальникова С.Р. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Участок для строительства не всегда расположен вблизи инженерных сетей: централизованного водоснабжения, канализации, газификации, электроснабжения. Исходя из этого организуют: централизованную систему газоснабжения либо автономную.

Централизованное газоснабжение — система газоснабжения, разработанная для доставки природного топлива от месторождений непосредственно к бытовым и промышленным потребителям. Она состоит из:

- скважин для добычи;
- сепараторов, где от потока отделяют жидкие и твердые фракции;
- газораспределительных станций;
- компрессорных станций;
- магистральных газопроводов;
- газопроводов высокого, среднего и низкого давления;
- газорегуляторных пунктов.
- запорной арматуры.

Если рядом со строящимся или функционирующим коттеджем находится ветка газопровода, то к сети можно подключиться, обратившись в газовое хозяйство района или населенного пункта. Для этого разрабатывается проект и подготавливается разрешительная документация.

Централизованная система подачи газа имеет преимущества:

- Низкая стоимость — природный газ является самым экономичным видом топлива. Если недалеко от газифицируемого объекта находится газовая магистраль, то совокупные затраты по энергоснабжению объекта будут минимальными.
- Оплата согласно потреблению — плата начисляется на основании показаний индивидуального счетчика, только за использованное количество газа.
- Непрерывная подача — газ доступен всегда, нет необходимости заказывать баллоны.
- Безопасность — один газовый резервуар вместо нескольких баллонов вокруг здания.
- Эстетичный внешний вид — система подачи газа проектируется заранее и составляет единое целое с другими системами здания, благодаря чему ее практически не видно.
- Централизованное газоснабжение — один из самых безвредных для экологического состояния окружающей среды видов энергоснабжения. Минимум вредных продуктов сгорания, выбрасываемых в атмосферу, практически полное отсутствие дыма, сажи и запахов.

Недостатками магистрального газоснабжения являются:

- Централизованное газоснабжение развито далеко не повсеместно. Магистральный газ доступен не везде, протяжённость газовых магистралей не достаточна для обеспечения нужд всех потребителей.
- Дороговизна и проблемы.

После подключения магистрального газа газифицированная земля ставится Кадастровой палатой на кадастровый учёт, что увеличивает налог на землю. Каждый километр отдаления от газопроводной магистрали поднимает стоимость прокладки.

- Негибкость. При расширении загородного дома (строительство бани) повышение объёма газа достигается не поднятием давления в трубопроводе, а демонтажом старых труб и заменой их на трубы большего диаметра, получение новых разрешительных документов.
- Воровство — несанкционированное подключение к магистрали

Децентрализованное газоснабжение — система, при которой газ для домовладений, хозяйств или предприятий поступает не из магистрального газопровода, а из независимых резервуаров — баллонов и газгольдеров. Газ в резервуарах хранится в сжиженном состоянии, что позволяет иметь его достаточный

запас в емкостях относительно небольшого объема. Использование дополнительных модулей дает возможность, как основного, так и аварийного, электроснабжения, тепло- и горячего водоснабжения, кондиционирования.

Децентрализованная система подачи газа имеет преимущества:

- Работа газовых приборов в доме не зависит от аварий на магистрали или перепадов давления. Газгольдер подает топливо под постоянным давлением.
- Отсутствие необходимости постоянного контроля и возможность дистанционного управления системой. Установка специального модуля позволит удаленно (через интернет или GPS) регулировать подачу газа, температуру в помещении и следить за расходом топлива. Модуль отправит уведомления о том, что топливо заканчивается или произошла утечка с помощью СМС-уведомлений или через интернет.
- Малые сроки монтажа системы газоснабжения. Полное время работ занимает от 7 до 10 дней.
- Сжиженный газ (пропан-бутановая смесь) – экологичный продукт. После сгорания он образует гораздо меньше сажи, чем дизельное топливо или уголь. Сжиженный газ быстро испаряется при утечке или попадании в почву, не оставляя загрязнений.
- Экономия средств. Сжиженный углеводородный газ (СУГ) – более выгодный вариант топлива по сравнению с углем, дровами, дизельным топливом или электроэнергией.

Недостатки децентрализованной системы:

- Необходимо постоянно контролировать состояние газгольдера на предмет возможной утечки газа, отслеживать остаток газа, чтобы система не отключилась из-за нехватки топлива.
- Ошибки в монтаже и (или) при отсутствии должного обслуживания газгольдеров, в них самих нередко возникают утечки, которые достаточно сложно устранить, т.к. ёмкости находятся под очень высоким давлением.
- При работе газгольдера возможно осаждение конденсата, что нарушает подачу газа.
- Поломка автотранспорта.

Сравним тарифы за 1м³ природного и сжиженного газа в Беларуси (Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь № 1166 от 30.12.2013). При наличии индивидуальных приборов расхода газа и индивидуальных газовых отопительных приборов:

Таблица 1. Тарифы за 1м³ природного и сжиженного газа

| | Отопительный период | Летний период |
|---|---------------------|-------------------|
| Природный газ | 0,1366 руб. | 0,4840 руб. |
| Сжиженный газ | 2,1884 руб. | 1,3107 руб. |
| 1 м ³ СУГ дороже на: | 2,0518 руб. | 0,8267 руб. |
| При годовом объеме потребления газа до 3000 м ³ , годовой расход природного газа составит: | 409 руб. 80 коп. | 1452 руб. |
| При годовом объеме потребления газа до 3000 м ³ , годовой расход СУГ составит: | 6565 руб. 20 коп. | 3932 руб. 10 коп. |
| Годовой расход СУГ дороже на: | 6155 руб. 40 коп. | 2480 руб. 10 коп. |

Таким образом, можем сделать вывод, что резервуарные системы газоснабжения целесообразно использовать при большей удаленности потребителей, при этом исключается время ожидания газификации, в то время как в централизованных системах ожидание подключения к магистральному газопроводу может затянуться на долгое время.

Список использованных источников:

1. <https://pravo.by/> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь.
2. <https://http://antonio-merloni.ru/> – Недостатки магистрального газоснабжения.
3. <https://uvs.by/> – Автономное газоснабжение.

Лавринович А.Н., Шепетуха В.О.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Северянин В.С., д.т.н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Введение. Солнечная энергетика — направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляющийся источник энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. Производство энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласовывается с концепцией распределённого производства энергии. Гелиотермальная энергетика — нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи, и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой или солью для последующего использования нагретой воды для отопления, горячего водоснабжения или в паровых электрогенераторах). В качестве особого вида станций гелиотермальной энергетике принято выделять солнечные системы концентрирующего типа (CSP — Concentrated solar power). В этих установках энергия солнечных лучей с помощью системы линз и зеркал фокусируется в концентрированный луч света. Этот луч используется как источник тепловой энергии для нагрева рабочей жидкости.

Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в 1 м^2 , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной астрономической единицы от центра Солнца (на входе в атмосферу Земли), равен 1367 Вт/м^2 (солнечная постоянная). Из-за поглощения, при прохождении атмосферной массы Земли, максимальный поток солнечного излучения на уровне моря (на Экваторе) — 1020 Вт/м^2 . Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную горизонтальную площадку как минимум в π раза меньше (из-за смены дня и ночи и изменения угла солнца над горизонтом). Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше.

Возможная выработка энергии уменьшается из-за глобального затемнения — уменьшения потока солнечного излучения, доходящего до поверхности Земли [1].

Развитие солнечной энергетики в мире. В 1985 году все установленные мощности солнечной энергетики мира составляли 0,021 ГВт. В 2005 году производство фотоэлементов в мире составляло 1,656 ГВт. На начало 2010 года общая мировая мощность фотоэлементной солнечной энергетики составляла лишь около 0,1% общемировой генерации электроэнергии. В 2012 году общая мощность мировых гелиоэнергетических установок выросла на 31 ГВт, превысив 100 ГВт.

Крупнейшие производители фотоэлементов в 2012 году:

1.  [Yingli](#) — 2300 МВт
2.  [First Solar](#) — 1800 МВт
3.  [Trina Solar](#) — 1600 МВт
4.  [Canadian Solar](#) — 1550 МВт
5.  [Suntech](#) — 1500 МВт
6.  [Sharp](#) — 1050 МВт
7.  [Jinko Solar](#) — 900 МВт
8.  [SunPower](#) — 850 МВт
9. [REC Group](#) — 750 МВт
10.  [Hanwha SolarOne](#) — 750 МВт

В 2013 году глобально было установлено 39 ГВт фотоэлектрических мощностей. В результате общая мощность фотоэлектрических установок на начало 2014 года оценивалась в 139 ГВт.

В 2010 году 2,7% электроэнергии Испании было получено из солнечной энергии. В 2011 году около 3% электроэнергии Италии было получено из фотоэлектрических установок. В 2018 г. Саудовская Аравия заявила о намерении построить крупнейшую в мире солнечную электростанцию мощностью 200 ГВт [2].

Освещение зданий. С помощью солнечного света можно освещать помещения в дневное время суток. Для этого применяются световые колодцы. Простейший вариант светового колодца — отверстие в потолке юрты. Световые фонари применяются для освещения помещений, не имеющих окон: подземные гаражи, станции метро, промышленные здания, склады, тюрьмы, и т.д. Световой колодец диаметром 300 мм способен освещать площадь 8 м². Один колодец позволяет в европейских условиях предотвратить ежегодный выброс в атмосферу до 7,4 тонн CO₂. Световые колодцы с оптоволоком разработаны в 2004 году в США. В верхней части такого колодца применяются параболические коллекторы. Применение солнечных колодцев позволяет сократить потребление электроэнергии, в зимнее время — сократить дефицит солнечного света у людей, находящихся в здании.

Солнечная термальная энергетика. В 2001 году стоимость электроэнергии, полученной в солнечных коллекторах составляла 0,09-0,12\$ за кВт·ч. Департамент Энергетики США прогнозирует, что стоимость электроэнергии, производимой солнечными концентраторами снизится до 0,04-0,05\$ к 2020 г. На начало 2010 года общая мировая мощность солнечной термальной энергетики (концентраторных солнечных станций) достигла одного гигаватта. К 2020 году страны Евросоюза планировали построить 26,3 ГВт солнечных термальных мощностей.

Солнечная кухня. Солнечные коллекторы могут применяться для приготовления пищи. Температура в фокусе коллектора достигает 150°C. Такие кухонные приборы могут широко применяться в развивающихся странах. Стоимость материалов необходимых для производства простейшей «солнечной кухни» составляет 3-7\$.

Традиционные очаги для приготовления пищи имеют термическую эффективность около 10%. В развивающихся странах для приготовления пищи активно используются дрова. Использование дров для приготовления пищи приводит к массивной вырубке лесов и вреду для здоровья. Существуют различные международные программы распространения солнечных кухонь. Например, в 2008 г. Финляндия и Китай заключили соглашение о поставках 19 000 солнечных кухонь в 31 деревню Китая.

Использование солнечной энергии в химическом производстве. Израильский Weizmann Institute of Science в 2005 году испытал технологию получения неокисленного цинка в солнечной башне. Оксид цинка в присутствии древесного угля нагревался зеркалами до температуры 1200°C на вершине солнечной башни. В результате процесса получался чистый цинк. Далее цинк можно герметично упаковать и транспортировать к местам производства электроэнергии. На месте цинк помещается в воду, в результате химической реакции получается водород и оксид цинка. Оксид цинка можно ещё раз поместить в солнечную башню и получить чистый цинк. Технология прошла испытания в солнечной башне канадского Institute for the Energies and Applied Research.

Швейцарская компания Clean Hydrogen Producers (CHP) разработала технологию производства водорода из воды при помощи параболических солнечных концентраторов. Площадь зеркал установки составляет 93 м². В фокусе концентратора температура достигает 2200°C. Вода начинает разделяться на водород и кислород при температуре более 1700°C. За световой день 6,5 часов (6,5 кВт·ч/кв.м.) установка CHP может разделять на водород и кислород 94,9 литров воды. Производство водорода составит 3800 кг в год (около 10,4 кг в день). Водород может использоваться для производства электроэнергии, или в качестве топлива на транспорте.

Солнечные установки на транспорте. Фотоэлектрические элементы могут устанавливаться на различных транспортных средствах: лодках, автомобилях и гибридных автомобилях, самолётах, дирижаблях и т.д. Фотоэлектрические элементы вырабатывают электроэнергию, которая используется для бортового питания транспортного средства или для электродвигателя электрического транспорта.

Военные испытывают большой интерес к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) на солнечной энергии, способным держаться в воздухе чрезвычайно долго — месяцы и годы. Такие системы могли бы заменить или дополнить спутники [3].

Перспективы солнечной электроэнергетики. В мире ежегодный прирост энергетики за последние пять лет составлял в среднем около 50%. Полученная на основе солнечного излучения энергия гипотетически сможет к 2050 году обеспечить 20-25% потребностей человечества в электричестве и сократит выбросы углекислоты. Как полагают эксперты Международного энергетического агентства (IEA), солнечная энергетика уже через 40 лет при соответствующем уровне распространения передовых технологий будет вырабатывать около 9 тысяч тераватт-часов — или 20-25% всего необходимого электричества, и это обеспечит сокращение выбросов углекислого газа на 6 млрд тонн ежегодно.

Перспективы использования солнца для получения электричества ухудшаются из-за высоких издержек. Так, СТЭС Айвонпа обходится вчетверо дороже, а генерирует гораздо меньше электроэнергии, по сравнению с газовыми электростанциями. По подсчётам экспертов, в будущем электроэнергия, вырабатываемая этой станцией, будет стоить вдвое дороже, чем получаемая от обычных источников энергии, а расходы, очевидно, будут переложены на

потребителей. Тем не менее, по прогнозам, себестоимость генерации электроэнергии солнечными электростанциями к 2020 году должна была снизиться до себестоимости генерации с использованием ископаемого топлива и переход к использованию солнечных электростанций станет экономически выгодным. Из-за своей низкой эффективности, которая в лучшем случае достигает 30%, солнечные батареи сильно нагреваются. Остальные 70% энергии солнечного света нагревают солнечные батареи до средней температуры порядка 50-70°C.

Проанализировав области использования солнечной энергетики можно сделать вывод о ее достоинствах и недостатках. *Достоинства:*

- Перспективность, доступность и неисчерпаемость источника энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды энергоносителей.
- Теоретически полная безопасность для окружающей среды, хотя существует вероятность того, что повсеместное внедрение солнечной энергетики может изменить альбедо (характеристику отражательной (рассеивающей) способности) земной поверхности и привести к изменению климата (однако при современном уровне потребления энергии это крайне маловероятно).

Недостатки:

- Зависимость от погоды и времени суток.
- Сезонность в средних широтах и несовпадение периодов выработки энергии и потребности в энергии. Нерентабельность в высоких широтах, необходимость аккумуляции энергии.
- При промышленном производстве — необходимость дублирования солнечных энергетических установок традиционными сопоставимой мощности.
- Высокая стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов (к примеру, индий и теллур).
- Необходимость периодической очистки отражающей/поглощающей поверхности от загрязнения.
- Нагрев атмосферы над электростанцией.
- Необходимость использования больших площадей.
- Сложность производства и утилизации самих фотоэлементов в связи с содержанием в них ядовитых веществ, например, свинец, кадмий, галлий, мышьяк и т.д. [4].

Заключение. Несмотря на имеющиеся многочисленные разработки в мире солнечных устройств, представляет несомненный интерес исследований по созданию солнечных электро- и теплогенераторов, транспортных систем, химических производств, отопительных систем, кондиционеров для конкретных условий с целью получения максимального технико-экономического эффекта. Нами намечены несколько прикладных направлений по солнечной тематике, для проработки на уровне НИРС.

Список использованных источников:

1. Алексеев В.В.; Чекарев К.В. Солнечная энергетика. — М.: Знание, 1991. — 64 с.
2. Журнал *Solardaily*, «Развитие солнечной энергетики», Бостон, Массачусетс (SPX), 25 февраля 2020 г.
3. Д.Мак-Вейг Применение солнечной энергии. — М.: Энергоиздат, 1981. - 210 с.

Огиевич Н.В., Батурова А.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХООБМЕНА ДЛЯ БОЛЬШИХ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ОБЪЕМУ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫТЕСНЕНИЕ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Кондиционирование воздуха — это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определённом уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры. При проектировании таких систем необходимо определять минимально необходимую производительность по воздуху («требуемый воздухообмен») в разные периоды года и выбрать расход воздуха для подбора мощности оборудования («расчетный воздухообмен»). В соответствии с действующими нормативными документами расчет воздухообмена проводится для условий установившегося режима либо по заданной кратности воздухообмена, либо методом решения систем балансовых уравнений, составленных для каждого рассчитываемого помещения. [1]

Рассматриваем помещение объемом 469,6 м³ и площадью 117,4 м² подачу и удаление вентиляционного воздуха предусматриваем по схеме «снизу-вверх». [1] Такая схема относится к вытесняющим. Основное ее преимущество — это попадание воздуха в область дыхания незагрязненным. К недостаткам данной схемы можно отнести нормативные требования к микроклимату в рабочей зоне. Необходимо соответствовать всем параметрам и подаваться со скоростью 0,1 м/с. Расчет воздухообмена для расчетного помещения свели в таблицу 1.

Таблица 1. Расчет воздухообмена в помещении

| № | Наименование величины | Значение величин | | | |
|----------|--|------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | ТП | | ХП | |
| | | Я | П | Я | П |
| 1 | Воздухообмен для ассимиляции явной/полной теплоты L_Q, кг/ч | 6394 | 5097 | 9822 | 8610 |
| 1.1 | Тепловые избытки, кДж/ч | 32130 | 54198 | 27148 | 45230 |
| 2 | Воздухообмен для ассимиляции влаги L_M, кг/ч | - | 5,2 | - | 10,4 |
| 2.1 | Поступление влаги M , г/ч | - | 6845 | - | 5180 |
| 3 | Воздухообмен для ассимиляции углекислого газа L_{CO_2}, кг/ч | 1295 | | 1295 | |
| 3.1 | Поступление углекислого газа m_{CO_2} , г/ч | 35 | | 35 | |

Анализ данной таблицы показывает, что наибольший воздухообмен получается для ассимиляции явной теплоты в холодный период, следовательно, принимаем за расчетный воздухообмен 9822 кг/ч.

Аэродинамический расчет произвели в программном комплексе MagiCAD 2019 for Revit 2019. После вычерчивания приточной и вытяжной системы в данной программе, ее аэродинамический расчет производится автоматическим образом. Общее давление системы кондиционирования составило на приточную систему 79,5 Па, а на вытяжную – 94.2 Па.

Подбор приточных воздухораспределителей осуществляем в программе Swegon. Так как наше расчетное помещение имеет неправильную форму, то его следует разбить на три зоны. Для этих зон подбираем воздухораспределители. Первая и третья зоны одинаковы.

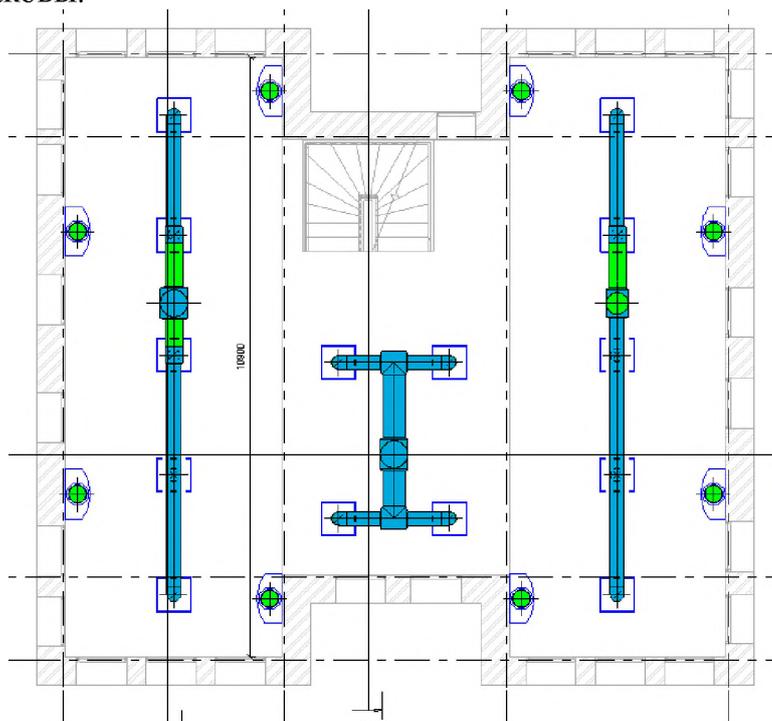


Рисунок 1. Расчетное помещение

Для первой и третьей зон программа подобрала восемь воздухораспределителя DBCa 400-3V+REGb 400. Расход в одном устройстве 1295 м³/ч. Воздухораспределители для первой зоны представлены на рисунке 1.

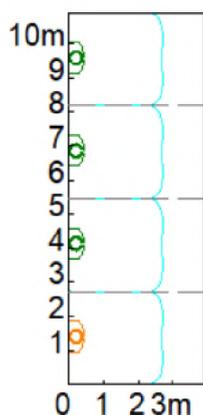


Рисунок 2. Изовела-результат для 1-ой зоны вид сбоку

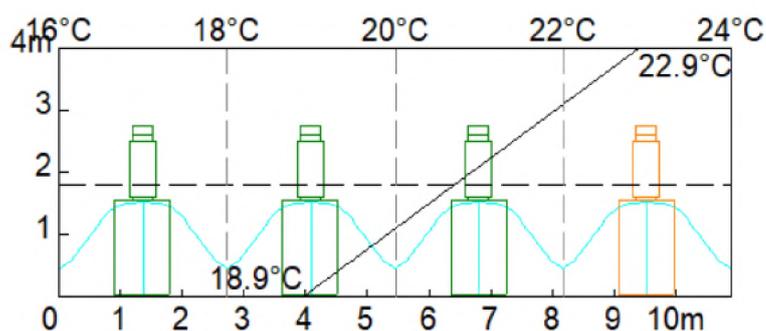


Рисунок 3. Изовела-результат для 1-ой зоны вид сверху

Подбор вытяжных воздухораспределителей осуществляем на сайте design.systemair.com. Для первой и третьей зон программа подобрала пять воздухозаборных устройств TSF-650-SW. Расход в одном устройстве 701.57 м³/ч. Для второй зоны – четыре воздухозаборных TSF-650-SW. Расход в одном устройстве 701.57 м³/ч.

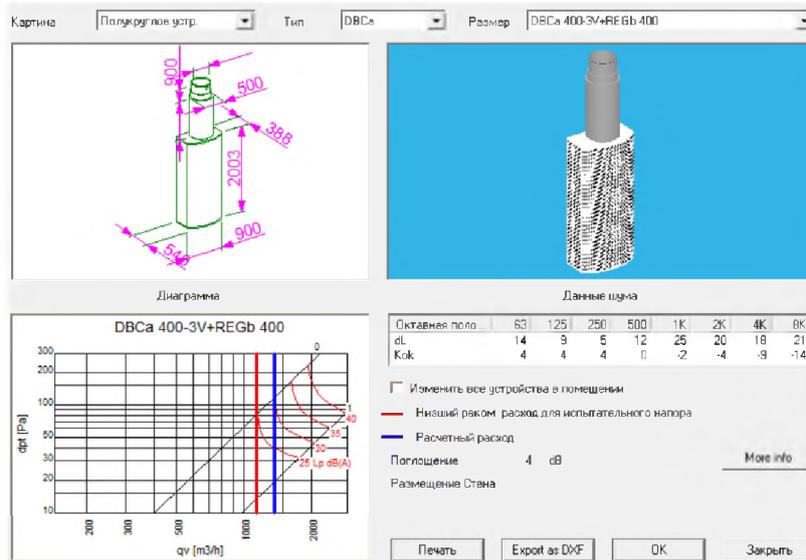


Рисунок 4. Характеристики DBCa 400-3V+REGb 400

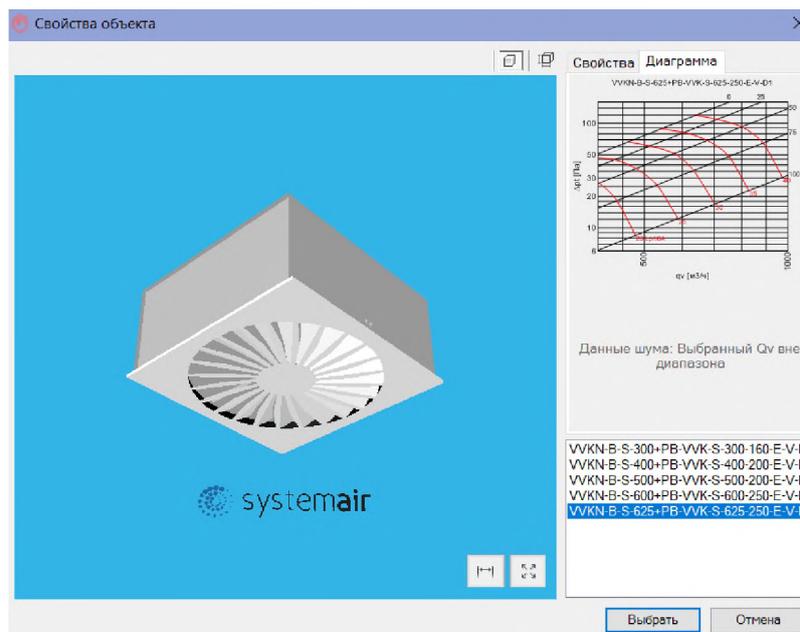


Рисунок 5. Характеристики TSF-250-SW

Вывод: при организации воздухораспределения воздуха «снизу-вверх» подобранные воздухораспределители смогли обеспечить оптимальные параметры воздуха: температура воздуха в рабочей зоне в холодный период 20°C, в теплый 25°C; влажность воздуха в холодный период 30%, в теплый – 60%; скорость воздуха в рабочей зоне в холодный период не превышает 0,2 м/с, в теплый – 0,3 м/с. [3]

Список использованных источников:

1. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / Брестский государственный технический университет / Янчилин П.Ф. – Брест: БрГТУ, 2020. - Ч1 – 71 с.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. Б.М. Хрусталева – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 784 с., 183 ил.
3. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение [Текст] : учебное пособие / П. И. Дячек. - Москва : АСВ, 2017. - 670 с.

СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЛОТЕНЦЕСУШИТЕЛЕЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Новосельцев В.Г. к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

Здоровье и работоспособность человека в значительной степени определяются условиями микроклимата и воздушной среды жилых и общественных зданий. Воздействие комплекса микроклиматических факторов отражается на теплоощущении человека и обуславливает особенности физиологических реакций организма. Тепловое состояние, при котором напряжение системы терморегуляции незначительно, определяется как тепловой комфорт. Он обеспечивается в диапазоне оптимальных микроклиматических условий, в пределах которого отмечается наименьшее напряжение терморегуляции и комфортное теплоощущение.

Для обеспечения теплового комфорта в ванной комнате должна поддерживаться температура воздуха $t_v = +25^\circ\text{C}$. Это достигается за счет установки полотенцесушителя, который по существу является отопительным устройством специального назначения. Помимо своих непосредственных функций, как сушки вещей и, естественно, самих полотенец, откуда и получил свое название, полотенцесушитель используется для поддержания комфортной температуры обогреваемого помещения.

Существует много разных видов и форм полотенцесушителей, поэтому возникает вопрос: «какой прибор выбрать?» Все полотенцесушители в зависимости от источника тепловой энергии можно разделить на две группы:

- Водяные;
- Электрические;
- Комбинированные.

Водяной полотенцесушитель (змеевик) представляет собой из набора труб. Горячая вода постоянно циркулирует внутри изделия и нагревает поверхность, на которой развешиваются предназначенные для сушки вещи. Вода является агрессивной средой, поэтому все змеевики изготавливаются с учетом длительного контакта с жидкостью. Чаще всего при изготовлении полотенцесушителей используются медь, оцинкованная сталь, латунь, нержавеющая сталь, иногда алюминий. Змеевики из меди, латуни и алюминия рекомендуется устанавливать в домах только в том случае, если в системе водоснабжения циркулирует чистая вода. Нержавеющая сталь меньше подвержена коррозии, к тому же она легко поддается сварке и такие швы устойчивы к изменениям давления.

Водяные полотенцесушители подключаются к системе горячего водоснабжения (ГВС) или к системе отопления на выбор. Второй вариант гарантирует более высокую и постоянную температуру сушилки. Однако он не так актуален, так как работает только в отопительный сезон. Поэтому использовать имеет смысл только первый вариант с подключением к ГВС.

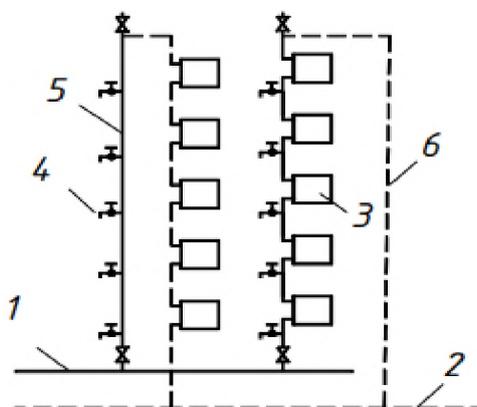
Преимущества водяных полотенцесушителей:

- Водяные полотенцесушители обладают более высокой теплоотдачей. При аналогичном размере греют лучше электрических;
- Отсутствие потребления электроэнергии.

Недостатки:

- На большинстве моделей отсутствует возможность регулировать температуру поверхности полотенцесушителя.
- Место монтажа сушилки привязано к стояку. Устанавливать его вдалеке довольно сложное и трудоемкое занятие, требующее дополнительных затрат.

Такой тип полотенцесушителей оптимален для использования в многоквартирных домах, но для частных домов, где нет централизованной системы водоснабжения или отопления, он бесполезен.



- 1 – подающая магистраль; 2 – циркуляционная магистраль;
3 – полотенцесушитель; 4 – водоразборный кран;
5 – водоразборный стояк; 6 – циркуляционный стояк.
Рисунок 1. Схема системы ГВС с нижней разводкой.

Электрические полотенцесушители подключаются к сети 220 В. Подключение обязательно должно выполняться с использованием специальных защищенных от влаги розеток, отдельного УЗО и заземления.

Электрические сушилки бывают двух типов:

- «Мокрые». Внутри трубы находится антифриз или масло, которое нагревается ТЭНом. Такие приборы обладают высокой инерционностью, максимальная температура 80° . При помощи термостата можно устанавливать уровень нагрева. У продвинутых электрических приборов есть и таймер. С его помощью можно задавать температуру перед пробуждением или возвращением домой, а в остальное время прибор греться не будет.

- «Сухие». Внутри такого электрического полотенцесушителя находится кабель, который и нагревает поверхность трубы. Выше 60° температура не поднимается, зато нагрев практически мгновенный. К установке не предъявляется особых требований, можно вешать в любом положении. Такие электрические устройства маломощны, поэтому больше подходят для сушки полотенец. Терморегулятора обычно нет, прибор автоматически отключается при максимально допустимом нагреве. Другой плюс электрических моделей с кабелем – внешний вид. В отличие от масляных полотенцесушителей дизайн может быть любым, тонкий провод легко гнется и может повторить самые смелые формы. А еще такие приборы легкие, поэтому небольшую сушилку можно повесить даже на боковой стороне кухонного островка, чтобы сухие полотенца были всегда под рукой.

Основная проблема электрических полотенцесушителей заключается в реализации заземления, так как не во всех многоэтажных домах его можно сделать по

всем правилам. Теплоотдача у полотенцесушителей водяных выше, чем у электрических. Это справедливо для подключения к отоплению, которое обеспечивает более высокую температуру.

Таким образом, водяной полотенцесушитель хорош для отопления ванной, но могут возникнуть проблемы при установке. Электрические модели отлично справляются с сушкой полотенец, а вот прогреть комнату смогут только мощные варианты (для них обязательны термостаты).

Лучшим вариантом будут — комбинированные модели. Они дорогие, зато позволяют переключаться между способами нагрева. В холодное время в ванной будет полноценная батарея, которая и воздух согреет, и вещи мокрыми не оставит. После завершения отопительного сезона греть комнату будет ТЭН. Если полотенцесушитель подключен к ГВС, то пользоваться электричеством придется совсем недолго. А если планируется длительное отключение, то теплоноситель можно заменить на антифриз, чтобы уменьшить износ нагревательного элемента.

Список использованных источников:

1. СН 3.02.01 Жилые здания – 2019.
2. Каталог продукции «OLsan», 2020.
3. <http://sansmal.ru>.

Петрукович А.С.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЙРОСЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Мешик К.О., преподаватель-стажер кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Введение. Эффективность работы современных систем вентиляции и кондиционирования воздуха напрямую зависит от расхода энергоносителя на поддержание расчетных параметров микроклимата в помещениях объекта эксплуатации. На сегодняшний момент оптимизация энергозатрат производится не только в зависимости от степени качества принятых проектных решений, но и от способа и эффективности регулирования системы с адаптацией под реальные условия работы. Обеспечить высокое качество регулирования можно путем применения интеллектуальных технологий управления, учитывающих нелинейность требуемых параметров микроклимата и наличие множества возмущающих факторов, которые невозможно предопределить на проектной основе.

На данный момент существует два основных направления применения искусственного интеллекта в системах управления микроклиматом зданий:

- использование самообучающихся оптимизационных математических моделей энергопотребления объекта в рамках единой системы оптимального управления микроклиматом здания. Прямое регулирование, учитывающее реальный гистерезис элементов системы. Самообучение организовано при помощи получения данных с датчиков параметров микроклимата помещений и

промежуточных стадий подготовки воздуха, с целью выявления реальных временных издержек на реализацию требуемых функций.

– использование инновационных самообучающихся ИТ-технологий на основе непрерывной обработки больших массивов данных в режиме реального времени. Самообучение организовано на основе наполняемой в процессе эксплуатации базы данных, в которую входит информация, получаемая с тех же датчиков. Позволяет динамически адаптироваться под возмущающие факторы (учет реальных внешних термовлажностных параметров, оказывающих воздействие на теплоизолирующий слой здания в конкретных его областях; учет количества людей с возможностями прогнозирования и т.д.).

Нечёткий регулятор. При помощи данной модели управления можно оптимизировать скорость используемых вентиляторов в приточном и вытяжном направлении с привязкой к текущим концентрациям в помещениях (рисунок 1, 2). Данные о концентрациях различных вредных примесей (угарный газ, углекислый газ, вода и другие примеси, зависящие от объекта эксплуатации) получают при помощи распределённой системы датчиков.

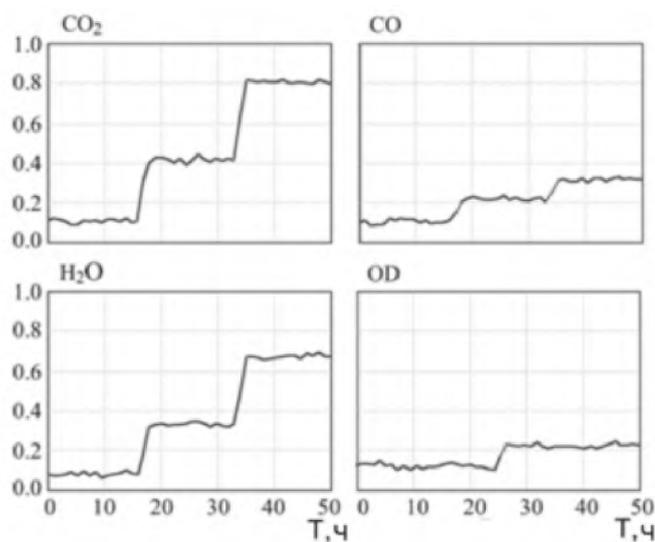


Рисунок 1 – График концентрации примесей в воздушной массе при постоянной скорости вращения вентилятора

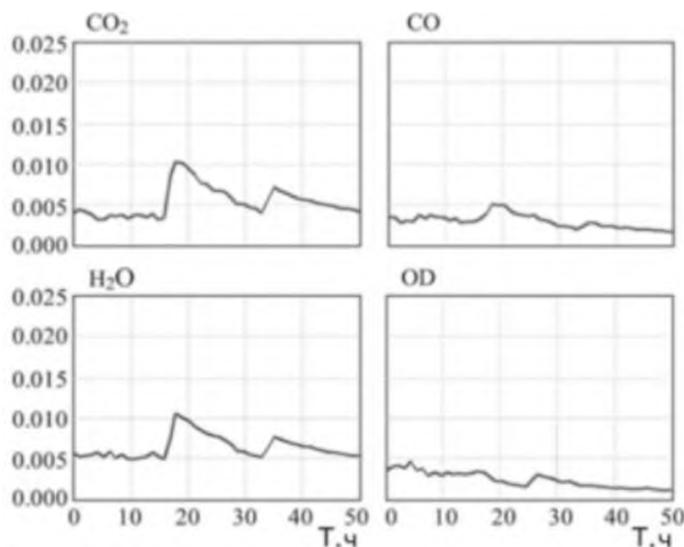
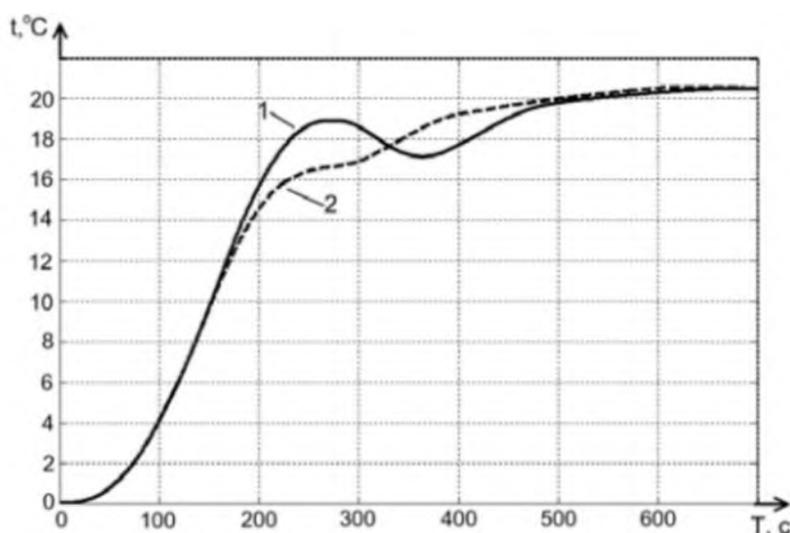


Рисунок 2 – График концентрации примесей в воздушной массе при адаптивной скорости вращения вентилятора

Нейросетевой регулятор температуры воздуха. Двухслойная нейронная сеть на основе эмпирических знаний формирует оптимальные режимы динамической трансформации температур. Входными параметрами для нейронной сети являются сигналы с нескольких датчиков температуры, расположенных в разных точках помещения. Колебания температуры в системе с нейросетевым регулятором при отработке возмущений значительно ниже по сравнению с традиционной системой управления. Это связано с тем, что при каких-либо внешних и внутренних изменениях параметров объекта показатели качества системы с традиционным регулятором ухудшаются из-за нарушения условий оптимизации, заложенных в регулятор на этапе проектирования (рисунок 3).



1 – традиционное регулирование; 2 – нейросетевое регулирование

Рисунок 3 – График изменения температуры воздуха при линейной модели помещения

Предиктивное управление с использованием метеоданных. Данный метод был испытан в башне Messeturm (Месетурм), расположенной в Базеле, Швейцария.

Система кондиционирования работает в корреляции с гидрометеоцентром «Метео Швейцария». Входные параметры для нейронной сети:

- средняя температура наружного воздуха, прогнозируемая на следующий день;
- амплитуда (разница между максимальным и минимальным значениями) температуры наружного воздуха, прогнозируемой на следующий день;
- солнечная радиация, ожидаемая на следующий день.

Итоги работы предиктивного управления на основе метеоданных за 9 месяцев эксплуатации:

- сэкономлено 32% энергоресурсов на охлаждение помещений;
- сэкономлено 32% энергоресурсов на нагрев помещений.

Данный вид управления эффективен в корреляции с системами теплоснабжения зданий, так как позволяет учитывать тепловую инерционность объекта эксплуатации.

Заключение. В основе представленных примеров интеллектуального управления предполагается регулирование в прямой зависимости от датчиков микроклиматического состояния. В дальнейших исследованиях планируется дополненная реализация возможности нейросетевого управления системами вентиляции и кондиционирования воздуха в персональной зависимости от

конкретных людей и их графика находжений и перемещений в рамках объекта эксплуатации. Предполагается использование технологии распознавания лиц с целью заблаговременной адаптации системы управления микроклиматом на основе внутренних расписаний

Список использованных источников:

1. Интеллектуальные методы управления в системах вентиляции и кондиционирования воздуха/ Д.А. Благодаров, А.А. Костин, Ю.М. Сафонов, А.С.Тарасов - ФГБОУВПО НИУ «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация.
2. Предиктивное управление с использованием метеоданных – интеллектуальный инструмент управления климатизацией здания/ М. Бисмарк - “Энергосбережение”, №3'2020.
3. Прорывные IT-технологии: интеллектуальные автоматизированные системы управления энергопотреблением и микроклиматом зданий/ Ю.А.Табунщиков - “Энергосбережение” №1'2020.

Огиевич Н.В. Батурова А.В.

СТОИМОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ БОЛЬШИХ ПОМЕЩЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕМ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Микроклимат в помещении создают вентиляционные системы воздухораспределения. Кондиционированный воздух внутрь поступает в виде турбулентной струи с большей или меньшей температурой, чем в помещении. Однако струи бывают компактные и веерные. Основная задача воздухораспределения — обеспечить нормируемую скорость и температуру потока на границе рабочей зоны. Поэтому производят расчет развития струи приточного воздуха.

Примем поддержание микроклимата с помощью схемы воздухораспределения «снизу-вверх». Такой способ относится к вытесняющей схеме организации воздухообмена в помещении. Приточные решетки находятся в нижней части помещения. Забор воздушных масс предусматривается сверху.

Рассмотрим помещение объемом 469,4 м³ и площадью 117,4 м² со свободной планировкой рассчитанное на 40 человек. С целью поддержания заданного микроклимата в рабочем помещении в программе Autodesk Revit была запроектирована система кондиционирования (рисунок 1), в состав которой входят: воздуховоды, воздухораспределители приточные и вытяжные, приточно-вытяжная установка. Расчётное помещение имеет категорию 3а — помещение с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды [1].

Расчетные параметры внутреннего воздуха в гражданских зданиях устанавливаются чаще всего из санитарно-гигиенических и реже их технологических требований в зависимости от назначения помещения и уровня требований к

метеорологической обстановке в помещении. В качестве расчетных параметров наружного воздуха при проектировании СКВ температура и энтальпия принимаются по Приложению Е в соответствии с п. 5.14 [2]

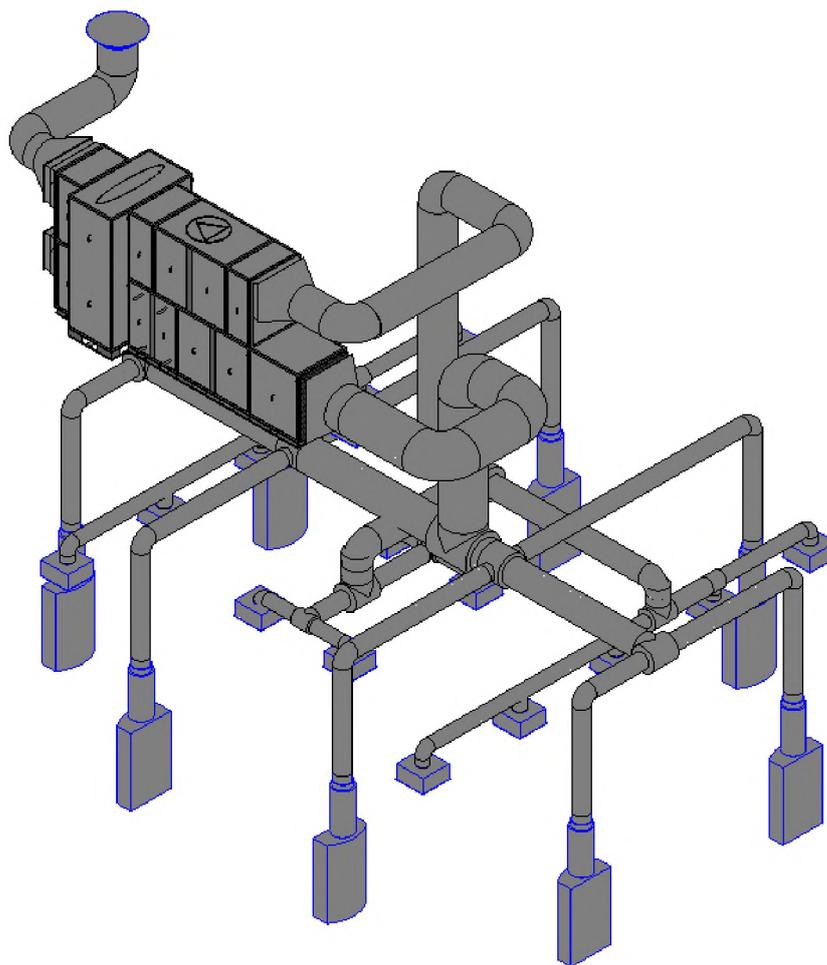


Рисунок 1. Модель приточно-вытяжной системы кондиционирования

Таблица 1. Расчётные параметры наружного воздуха

| Период года | Категория помещения | Температура воздуха, °С | Удельная энтальпия, кДж/кг | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| ХП | За | -26 | -24,9 | 3,6 |
| ТП | | 25 | 51,0 | 2,8 |

Таблица 2. Расчётные параметры внутреннего воздуха.

| Период года | Категория помещения | Температура воздуха, °С | Удельная энтальпия, кДж/кг | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| ХП | За | 20 | 30 | 0,2 |
| ТП | | 25 | 60 | 0,3 |

По расходам приточного и удаляемого воздуха в программе WinClim был подобран центральный кондиционер типа PR060. Состав секции установки представлен на рисунке 2. Стоимость установки составляет 28059 евро. Стоимость приточного вентилятора составляет 1901 евро, вытяжной – 1586 евро.

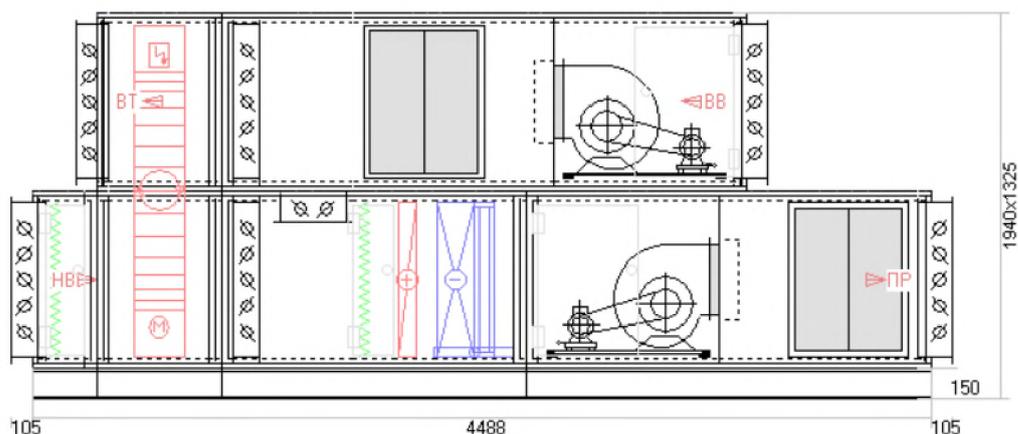


Рисунок 2. Приточно-вытяжная установка

Расчет стоимости воздуховодов вытяжной и приточной систем сведен в таблицу 3.

Таблица 3. Стоимость воздуховодов

| Материал | Длина, м. | Дв, мм | F, м ² | Стоимость за 1 м ² | Стоимость, Вг | |
|-----------------------|--------------|--------|-------------------|-------------------------------|---------------|---------|
| Стальные оцинкованные | Приток | | | | | |
| | 40,4 | 315 | 39,98 | 10,18 | 407,00 | |
| | 5,9 | 500 | 9,27 | 26,43 | 245,01 | |
| | 3,1 | 630 | 6,14 | 31,21 | 191,63 | |
| | 5,7 | 800 | 14,33 | 45,20 | 647,72 | |
| | Сумма: | | | | | 1491,36 |
| | Вытяжка | | | | | |
| | 14,9 | 250 | 11,7 | 6,81 | 79,68 | |
| | 1,6 | 315 | 1,58 | 10,18 | 16,08 | |
| | 3,5 | 400 | 4,40 | 15,71 | 69,12 | |
| | 4,8 | 500 | 7,54 | 26,43 | 199,28 | |
| | 9,9 | 630 | 19,59 | 31,21 | 611,40 | |
| | Сумма: | | | | | 975,56 |
| | Общая сумма: | | | | | 2466,92 |

Воздухораспределители приточные были подобраны в программе Swegon, а вытяжные в программе SystemAir. Расчет стоимости сведен в таблицу 4.

Таблица 4. Стоимость воздухораспределителей.

| Тип воздухораспределителя | Название | Количество | Стоимость за 1, Вг | Стоимость, Вг |
|---------------------------|----------------------|------------|--------------------|---------------|
| Приток | DBCa 400-3V+REGb 400 | 8 | 520,00 | 4160,00 |
| Вытяжка | TSF-650-SW | 14 | 430,00 | 6020,00 |

Стоимость монтажа системы кондиционирования посчитана в программе Smeta-OnLine – 3952,65 Вг.

В результате общая стоимость системы кондиционирования воздуха помещения с большим объемом составляет 103675,47 Вг.

Список использованной литературы:

1. Методические указания, Часть 1 «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», 2020 г. – Янчилин П.Ф.
2. СН 4.02.01-03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Катаржнова В.А.

МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Сальникова С.Р., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В основе гидравлического расчета газопроводной сети лежит определение оптимальных диаметров газопроводов, обеспечивающих пропуск необходимых количеств газа при допустимых перепадах давления. Расчет ведется исходя из максимально возможных расходов газа в часы максимального газопотребления. При этом учитываются часовые расходы газа на нужды производственных (промышленных и сельскохозяйственных), коммунально-бытовых потребителей, а также на индивидуально бытовые нужды населения (отопление, горячее водоснабжение).

Как правило, при гидравлическом расчете газопроводов среднего и высокого давления расчетные расходы газа потребителями принимаются в качестве сосредоточенных нагрузок, для сетей низкого давления учитывается также и равномерно распределенная нагрузка. Отличительной особенностью систем газоснабжения среднего давления с установкой газорегуляторных пунктов у каждого потребителя или небольшой группы потребителей населенного пункта является применимость к ним принципа расчета сетей с равномерно распределенными нагрузками. К указанным газопроводам относятся следующие виды:

- низкого давления;
- среднего, высокого давления.

Первые предназначены для транспортировки топлива к жилым объектам, всевозможным общественным зданиям, бытовым предприятиям. Причем в частных, многоквартирных домах, коттеджах давление газа не должно превышать 3 кПа, на бытовых предприятиях (непроизводственных) этот показатель выше и достигает 5 кПа. Второй тип трубопроводов предназначен для питания сетей, причем всевозможных, низкого, среднего давления через газорегуляторные пункты, а также осуществляющих подвод газа к отдельным потребителям. Это могут быть промышленные, сельскохозяйственные, различные коммунальные предприятия и даже отдельно стоящие, или пристроенные к промышленным, здания. Но в двух последних случаях будут существенные ограничения по давлению.

Гидравлический расчет с низким давлением газа по трубопроводу:

1. Ориентировочно необходимо знать количество жителей (потребителей) в расчетном районе, куда будет подаваться газ с низким давлением.
2. Учитывается весь объем газа за год, который будет использоваться на всевозможные потребности.
3. Определяется путем вычислений значение расхода топлива потребителями за определенное время, в данном случае берется показание в один час.
4. Устанавливается местонахождение точек газораспределения, подсчитывается их количество.

Производят расчет перепадов давления участка газопроводной магистрали. В данном случае, к таким участкам относятся распределительные точки. А также внутридомовой трубопровод, ветви абонентов. Затем учитываются общие перепады давления всей магистрали газопровода:

1. Вычисляется площадь всех в отдельности труб.
2. Устанавливается плотность населения – потребителей в данном районе.
3. Выполняется расчет расхода газа на показание площади каждой трубы.
4. Осуществляются вычислительные работы по следующим показателям:
 - расчетные данные длины отрезка газового трубопровода;
 - фактические данные длины всего участка;
 - эквивалентные данные.

Для каждого участка газопровода необходимо посчитать удельную путевую и узловую затраты.

Гидравлический расчет со средним давлением топлива в газопроводе

При расчете газопровода со средним давлением первоначально берут во внимание показание начального напора газа. Такое давление можно определить, если пронаблюдать подачу топлива начиная с главной газораспределительной точки до области преобразования и перехода от высокого давления к среднему. Давление в сети должно быть таковым, чтобы показатели не опускались ниже минимально допустимых значений при пиковой нагрузке на магистраль газопровода.

В вычислениях применяется принцип перемены давления, учитывая единицу длины рассчитываемого трубопровода. Для выполнения наиболее верного расчета, вычисления производятся в несколько стадий:

1. На начальной стадии, становится возможным рассчитать потери давления. Берутся во внимания потери, которые возникают на главном участке газопровода.
2. Затем выполняется расчет расхода газа на данном отрезке трубы. По полученным средним показателям потерь давления и по вычислениям расхода топлива, устанавливается, какая необходима толщина трубопровода, выясняются необходимые размеры труб.
3. Учитываются все возможные размеры труб. Затем по номограмме вычисляется величина потерь для каждой из них.

Если гидравлический расчет трубопровода со средним напором газа верный, то потери давления на отрезках трубы будут иметь постоянное значение.

Гидравлический расчет с высоким давлением топлива по газопроводу

Выполнять вычислительную программу гидравлического расчета необходимо на основе высокого давления сосредоточенного газа. Подбирается несколько версий газовой трубы, они должны подходить под все требования полученного проекта:

1. Определяется минимальный диаметр трубы, который можно принять в рамках проекта для нормального функционирования всей системы.
2. Принимается во внимания, в каких условиях будет происходить эксплуатация газопровода.
3. Уточняется особая спецификация.

Далее производится гидравлический расчет по следующим стадиям:

1. Изучается местность в том районе, где будет проходить газовый трубопровод. Досконально рассматривается план местности, чтобы избежать каких-либо ошибок в проекте при дальнейших работах.
2. Изображается схема проекта. Ее главное условие, чтобы она проходила по кольцу. На схеме обязательно должны быть четко видны различные ответвления к потребителям. Составляя схему, делают минимальную длину пути труб. Это необходимо для того, чтобы весь газопровод максимально эффективно работал.
3. На изображенной схеме производят измерения участков газовой магистрали. Затем выполняется расчетная программа, при этом, учитывается масштаб.

4. Полученные показания меняют, расчетную длину каждого изображенного на схеме участка трубы немного увеличивают, примерно на десять процентов.
5. Производятся вычислительные работы для того чтобы определить, каким будет общий расход топлива. При этом учитывается расход газа на каждом участке магистрали, затем он суммируется.
6. Заключительной стадией расчета трубопровода с высоким напором газа будет определение внутреннего размера трубы.

Различием гидравлического расчета сетей низкого давления и среднего (высокого) давления является то, что при гидравлическом расчете газопроводов среднего и высокого давлений, в которых перепады давления значительны, изменение плотности и скорости движения газа необходимо учитывать, поэтому потери давления на преодоление сил трения в таких газопроводах определяются по формуле:

$$P_H^2 - P_K^2 = \frac{P_0}{81\pi} \lambda \frac{V^2}{d^5} \rho_0 l = 1.2687 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda \frac{V^2}{d^5} \rho_0 l$$

где P_H и P_K – абсолютные давления газа в начале и в конце газопровода, МПа; l – длина газопровода, м; V – расход газа, м³/ч, при нормальных условиях; ρ_0 – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³; $P_0 = 0,101325$ МПа; d – внутренний диаметр газопровода, см.

Для сетей низкого давления потери:

$$P_H - P_K = \frac{10^6}{162\pi^2} \lambda \frac{V^2}{d^5} \rho_0 l = 626,1 \cdot \lambda \frac{V^2}{d^5} \rho_0 l$$

где P_H – давление в начале газопровода, Па; P_K – давление в конце газопровода.

Также при расчете газопроводов низкого давления, прокладываемых в условиях резко выраженного переменного рельефа местности, надо учитывать гидростатический напор, Па

$$\Delta p_{\Gamma} = \pm 9,81 \cdot h(\rho_B - \rho_{\Gamma})$$

где h – разность геометрических отметок газопровода, м; ρ_B и ρ_{Γ} – плотности воздуха и газа, кг/м³; знак «+» – при течении газа по направлению снизу-вверх (при $\rho_{\Gamma} < \rho_B$), а знак «-» – при движении газа сверху вниз (при $\rho_B < \rho_{\Gamma}$). Для случаев, когда $\rho_{\Gamma} > \rho_B$ (тяжелые газы), знаки меняются на обратные.

Любой выполняемый гидравлический расчет представляет собой определение параметров будущего газопровода. Эта процедура является обязательным, а также одним из важнейших этапов подготовки к строительству. От правильности исчисления зависит, будет ли газопровод функционировать в оптимальном режиме. В результате неправильного расчета будут иметь место дополнительные и внушительные финансовые потери потому что проект придется переделывать.

Список использованных источников:

1. Гидравлический расчет газопровода: методы и способы вычисления + пример расчета [электронный ресурс] / режим доступа: <https://sovet-ingenera.com/gaz/docs/gidravlicheskiy-raschet-gazoprovoda.html> – дата доступа: 02.03.2021г.
2. Методика, характеристики и параметры гидравлического расчета газопровода [электронный ресурс] / режим доступа: <https://gidrotgv.ru/gidravlicheskiy-raschet-gazoprovoda-programmu-i-primery/> – дата доступа: 02.03.2021г.
3. Комина, Г. П., Прошутинский, А. О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция / Г.П. Комина, А.О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 31 с.

Гришкевич М.Ю., Чубрик А.Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИАГОНАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНЕРА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Пластинчатый рекуператор самый распространённый тип рекуператора из-за своей дешевизны и компактных размеров. Используется в системах с небольшими расходами воздуха, где необходимо устранить риск перетока вытяжного воздуха в приточный. В силу своей конструкции может обмерзать со стороны вытяжки при очень низких температурах приточного воздуха. При проектировании необходимо предусмотреть отвод дренажа. Эффективность утилизации тепла на данном виде рекуператора можно охарактеризовать как «среднюю».

Экспериментальный рекуператор диагональный пластинчатый установлен в лабораторном стенде «Центральный промышленный кондиционер КЦ-ТК-1,6-6/3» (производство «Альтернатива») в ауд. 3/116 кафедры ТГВ, БрГТУ.

Расход воздуха: приток/вытяжка – 1500 м³/ч; давление на сеть: приток/вытяжка – 200/100 Па; потребляемая мощность: приток/вытяжка – 0,36/0,23 кВт; производительность: по теплу – 6 кВт, по холоду – 6,2 кВт; КПД: по нагреву – 59,3%, по холоду – 49,5%; масса – 310 кг.

Таблица 1 – Результаты опыта

| t, мин | Н | | П | | В | | Р | | η, % | G _{пр.} , кг/ч | I _п , кДж/ кг | I _н , кДж/ кг | Q | |
|-----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|------------|---------|---------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|--------|
| | T, °C | φ, % | T, °C | φ, % | T, °C | φ, % | Термогигр. | | | | | | кДж/ч | кВт |
| | | | | | | | T, °C | φ, % | | | | | | |
| 1 | 16,4 | 70,7 | 7,1 | 17,4 | 19,7 | 31,2 | 13,7 | 13,5 | 65 | 1890 | 9,9 | -14,9 | 46872 | 13,020 |
| 2 | | | 6,1 | 18,2 | 19,5 | 31,2 | 11,2 | 13,5 | 63 | 1897 | 8,8 | -14,9 | 44959 | 12,489 |
| 3 | | | 5,5 | 18,8 | 19,4 | 31,1 | 10,5 | 13,5 | 61 | 1902 | 8,2 | -14,9 | 43936 | 12,000 |
| 4 | | | 4,9 | 19,4 | 19,4 | 31,1 | 9,9 | 13,5 | 59 | 1905 | 7,5 | -14,9 | 42672 | 11,853 |
| 5 | | | 4,7 | 19,9 | 19,2 | 31,1 | 9,7 | 13,5 | 59 | 1906 | 7,4 | -14,9 | 42504 | 11,807 |
| 6 | | | 4,4 | 20,3 | 19 | 31 | 8,8 | 13,5 | 59 | 1909 | 7 | -14,9 | 41807 | 11,613 |
| 7 | | | 4,1 | 20,5 | 19,1 | 31 | 8,6 | 13,5 | 58 | 1911 | 6,7 | -14,9 | 41278 | 11,466 |
| 8 | | | 3,9 | 20,6 | 18,9 | 31 | 8,5 | 13,5 | 58 | 1912 | 6,5 | -14,9 | 40917 | 11,366 |
| 9 | | | 3,6 | 20,8 | 18,9 | 31 | 8,4 | 13,5 | 57 | 1914 | 6,2 | -14,9 | 40385 | 11,218 |
| 10 | | | 3,5 | 21 | 18,8 | 30,9 | 8,1 | 13,5 | 57 | 1915 | 6,1 | -14,9 | 40215 | 11,171 |
| 11 | | | 3,5 | 21,1 | 18,8 | 30,9 | 8,1 | 13,5 | 57 | 1915 | 6,1 | -14,9 | 40215 | 11,171 |
| 12 | | | 3,3 | 21,4 | 18,9 | 30,9 | 8,1 | 13,5 | 56 | 1917 | 5,9 | -14,9 | 39874 | 11,076 |
| 13 | | | 3,3 | 21,5 | 18,6 | 30,7 | 8,1 | 13,5 | 56 | 1917 | 5,9 | -14,9 | 39874 | 11,076 |
| 14 | | | 3,2 | 21,6 | 18,8 | 30,5 | 7,7 | 13,5 | 56 | 1917 | 5,9 | -14,9 | 39874 | 11,076 |
| 15 | | | 3,2 | 21,6 | 18,8 | 30,2 | 7,7 | 13,5 | 56 | 1917 | 5,9 | -14,9 | 39874 | 11,076 |
| 16 | | | 3 | 21,6 | 18,6 | 30 | 7,5 | 13,5 | 55 | 1918 | 5,5 | -14,9 | 39127 | 10,869 |
| 17 | | | 3 | 21,6 | 18,6 | 29,9 | 7,5 | 13,5 | 55 | 1918 | 5,5 | -14,9 | 39127 | 10,869 |
| 18 | | | 3 | 21,9 | 18,6 | 29,7 | 7,4 | 13,5 | 55 | 1918 | 5,6 | -14,9 | 39319 | 10,922 |
| 19 | | | 2,9 | 21,9 | 18,6 | 29,6 | 7,4 | 13,5 | 55 | 1918 | 5,5 | -14,9 | 39127 | 10,869 |
| 20 | | | 2,9 | 21,9 | 18,6 | 29,6 | 7,4 | 13,5 | 55 | 1918 | 5,5 | -14,9 | 39127 | 10,869 |
| 21 | | | 2,9 | 22 | 18,5 | 29,4 | 7,3 | 13,5 | 55 | 1918 | 5,5 | -14,9 | 39127 | 10,869 |
| 22 | | | 2,9 | 22 | 18,5 | 29,4 | 7,2 | 13,5 | 55 | 1918 | 5,5 | -14,9 | 39127 | 10,869 |

В данном опыте измеряли температуру воздуха, нагретого за счёт рекуператора в холодный период года. С помощью полученных данных построили зависимости и рассчитали КПД работы рекуператора.

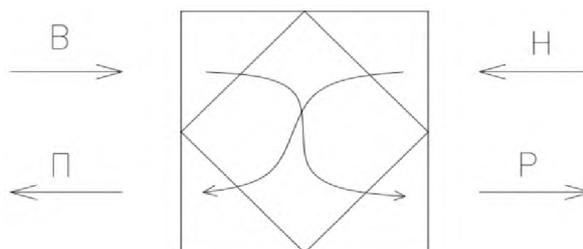


Рисунок 1. Упрощенная схема пластинчатого рекуператора центрального кондиционера

По полученным данным видно что температура приточного воздуха постепенно понижается с 7,1 до 2,9°C и после стабилизируется. Влажность при этом повышается до 22%. Температура и влажность вытяжного воздуха незначительно понижаются. Температура удаляемого воздуха после рекуператора так же понижается, из-за того что разница между наружным и внутренним воздухом увеличивалась и удаляемому воздуху требовалось отдавать больше тепла наружному. Влажность удаляемого воздуха после рекуператора не изменилась. КПД понизилось с 63% до 55%. Удаляемый воздух отдал 10,9 кВт тепла.

Построим графики зависимости КПД от времени, температуры приточного воздуха и влажности от времени, температуры удаляемого воздуха после рекуператора от времени, теплоты от времени для каждого измерения и влажности удаляемого воздуха от времени.



Рисунок 2. График зависимости КПД от времени



Рисунок 3. График зависимости температуры удаляемого воздуха после рекуператора от времени

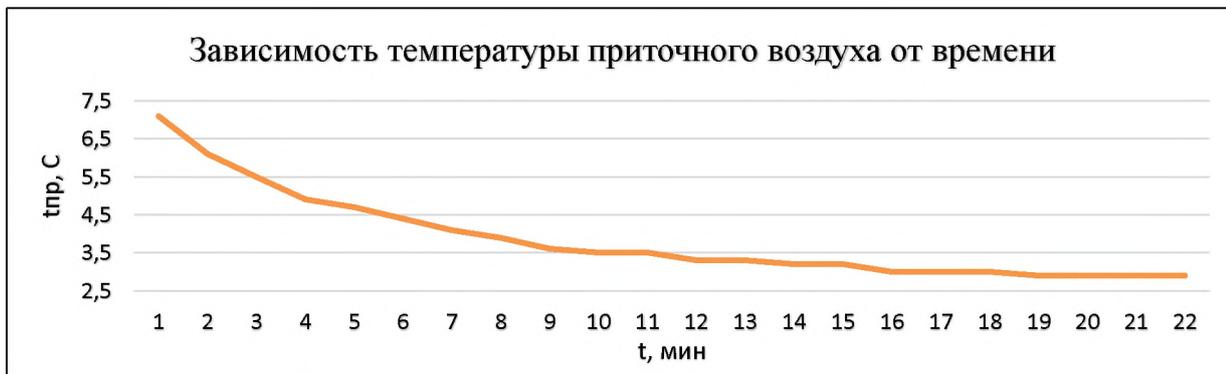


Рисунок 4. График зависимости температуры приточного воздуха от времени



Рисунок 5. График зависимости мощности от времени



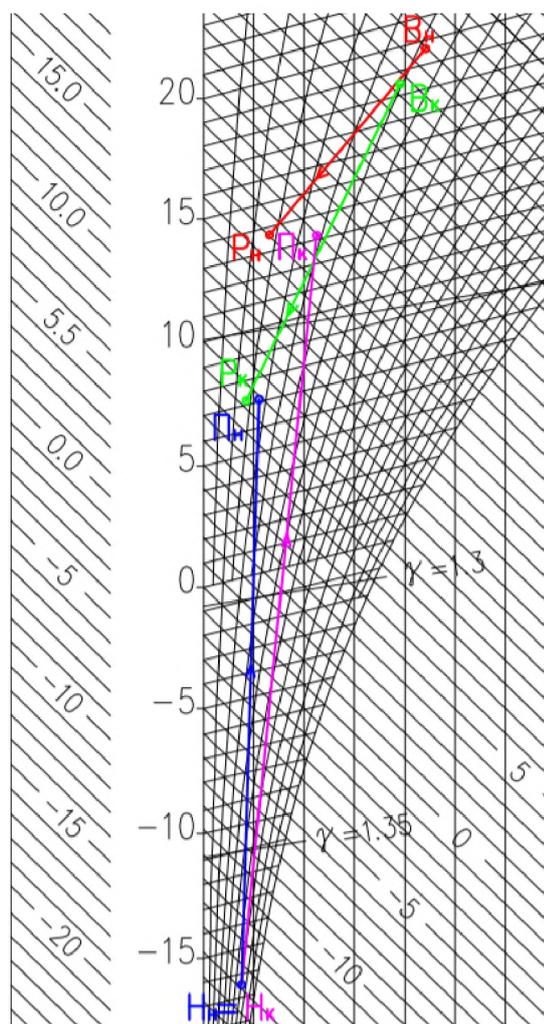
Рисунок 6. График зависимости влажности приточного воздуха от времени



Рисунок 7. График зависимости влажности вытяжного воздуха от времени

По данным графикам видно, что температура приточного воздуха уменьшается, а затем становится постоянной. Это происходит из-за того, что кондиционер

находился в нерабочем состоянии до начала проведения опыта и все конструкции кондиционера были охлаждены внутренним воздухом, поэтому температура приточного воздуха в начале больше, а затем стабилизируется, т.е. рекуператор начал работать в нормальном режиме. КПД понизилось до 55%, а по данным паспорта кондиционера при нагреве КПД составляет 59,3%. Данное несоответствие связано с тем что расход вытяжного воздуха и наружного не равны. При работе вентиляторов с мощностью на 76% обеспечиваются равные расходы, равные 1500 м³/ч, однако из-за низкой температуры наружного воздуха разница между плотностями достаточно значительная, что влияет на скорость потока воздуха. Так же на скорость потока воздуха влияют местные сопротивления. На вытяжке сопротивлений меньше и теплый воздух нагнетать легче, следовательно расход воздуха на вытяжке может быть больше 1500 м³/ч.



удаляемый воздух охлаждается до температуры точки росы и начинает конденсироваться влага, после чего этот воздух продолжает охлаждаться до тех пор, пока не замёрзнет. Впоследствии этого наблюдалось обмерзание пластин, т.к. температура наружного воздуха составляла $-16,4^{\circ}\text{C}$, поэтому для того, чтобы пластины оттаяли необходимо открыть линию байпаса.

Список использованных источников:

1. Руководство по эксплуатации. Лабораторный стенд «Центральный промышленный кондиционер» КЦ-ТК-1,6-6/3. Внедренческое предприятие «Альтернатива» 2012. – 24 с.
2. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие/ П.И. Дячек. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 676 с.

По полученным данным построим процессы изменения состояния воздуха внутри рекуператора на I-d диаграмме влажного воздуха, где точка **H** – наружный воздух, **P** – приточный воздух, **V** – внутренний воздух, **R** – удаляемый воздух после рекуператора. Процесс H_n-P_n – процесс прохождения наружного воздуха через рекуператор, после которого мы получаем приточный воздух — в начале опыта, H_k-P_k – тот же процесс в конце опыта. V_n-R_n – процесс, при котором вытяжной воздух, проходя через рекуператор, отдает свою теплоту наружному воздуху и выходит из рекуператора с параметрами точки R_n - в начале опыта, V_k-R_k – тот же процесс в конце опыта.

Рисунок 8. Процесс изменения состояния воздуха в рекуператоре в холодный период

Вывод: в ходе изучения работы пластинчатого рекуператора в составе центрального кондиционера сравнили опытный КПД и КПД из паспорта и выяснили, что опытный КПД снижается с 65% до 55% , а КПД из паспорта составляет 59,3%. Со временем в процессе работы кондиционера в рекуператоре

Шпильчук С.А.

ПРОФИЛАКТИКА ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ COVID-19

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Ключева Е.В., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Ученые определили, что ежедневно на 1 м² поверхности находятся 800 млн вирусов. Большинство из них не влияют на здоровье людей. Но недавно был выявлен вирус, относящийся к группе коронавирусов, он получил название SARS-CoV-2. Этот тип коронавируса вызывает респираторное заболевание, названное COVID-19, известное также как коронавирус. ВОЗ определила, что вирус преимущественно передается от человека к человеку при близком контакте либо при кашле или чихании зараженного человека. Капли, выделяющиеся при кашле или чихании, могут попасть на слизистые оболочки глаз, носа или рта здоровых людей, также они могут попасть в организм при вдыхании. Здоровый человек также может заразиться при прикосновении к поверхности, на которую попали капли, содержащие вирус, и дальнейшем прикосновении к глазам, носу или рту.

Исследования показали, что в капле диаметром 1,0 мкм, выделяющейся при чихании и кашле человека, имеющего респираторное заболевание, может содержаться достаточное количество вирусов для возникновения заболевания. На возможность заражения влияют размер капли, количество живых вирусов в ней, время нахождения в воздухе и даже температура и относительная влажность. С точки зрения очистки воздуха капли являются частицами, которые необходимо удалять из потока воздуха. Воздушные фильтры разработаны специально для обеспечения очистки воздуха, поступающего в здания. Однако увеличение эффективности фильтра не всегда является единственным решением для снижения риска возникновения заболеваний. Воздушные фильтры с большей эффективностью часто имеют более высокий перепад давления, что может снизить кратность воздухообмена в системе и повлиять на относительную влажность. Перед заменой фильтра необходимо удостовериться в том, что вентилятор рассчитан на дополнительную нагрузку [1].

В настоящее время нет реальных доказательств того, что коронавирус может переноситься через вентиляционные системы. Напротив, большинство экспертов указывают, что во время пандемии мы должны усиливать вентиляцию помещений.

К тому же, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), «плохо проветриваемые здания негативно влияют на качество воздуха и могут способствовать распространению болезней». Методы обеспечения хорошего качества воздуха в помещении и эффективной борьбы с передачей инфекций воздушно-капельным путем существуют давно, и они доказали свою эффективность:

- Увеличение воздухообмена в системах вентиляции, увеличение времени эксплуатации вентиляционной системы.
- Устранить непреднамеренную рециркуляцию воздуха в системах вентиляции для уменьшения рисков распространения инфекции из комнаты в комнату.
- Поддержание в системах вентиляции минимальной относительной влажности в диапазоне от 40 до 60%, в котором вирусы наименее жизнеспособны.
- Использование вентиляционных фильтров для улавливания твердых частиц (диаметром от 10 до 1 микрон), а также бактерицидных секций и модулей обеззараживания воздуха ультрафиолетовым облучением.

- Регулярное техническое обслуживание (ТО) вентиляционных систем и соблюдение инструкций по ТО.

Поступление большего количества наружного воздуха в здание помогает разбавлять находящиеся в воздухе загрязнения и инфицирующие материалы, снижая вероятность заражения. Зарубежное исследование, опубликованное в прошлом году, показало, что обеспечение даже минимального уровня вентиляции наружного воздуха снижает передачу вируса гриппа так же, как и вакцинирование от 50 до 60% людей в здании. В зданиях с системами механической вентиляции рекомендуется увеличить их время эксплуатации. Требуется изменить время системных таймеров, чтобы включить вентиляцию на пару часов раньше и выключить позже, чем обычно. Еще лучше — поддерживать работу вентиляции круглосуточно, возможно, со снижением скорости ее работы, когда люди в помещениях отсутствуют.

Рециркуляция воздуха в зданиях не редкость, но она может увеличить риск распространения инфекции из комнаты в комнату. Устраняя непреднамеренную рециркуляцию и ограничивая использование смешивания, мы можем минимизировать риски распространения инфекции. Вирусы в обратных вентиляционных каналах могут снова попасть в здание, где центральные кондиционеры оборудованы секциями рециркуляции. Рекомендуется избегать использования центральной рециркуляции во время эпидемии и пандемии, где это возможно и целесообразно.

Также важно предотвратить возможный риск «внешней рециркуляции» — это когда вытяжной воздух из здания смешивается с поступающим наружным воздухом. Внешней рециркуляции можно избежать, обеспечив достаточное расстояние между выбросом и забором приточного воздуха с учетом преобладающего направления ветра.

Известно, что влажность также влияет на распространение вирусов в зданиях. Рекомендуется поддерживать минимальную относительную влажность от 40 до 60%, потому что вирусы наименее жизнеспособны в этом диапазоне. Кроме этого, способность нашего организма противостоять вирусам также намного выше в этом диапазоне влажности. К сожалению, контроль и управление уровнем влажности в системах вентиляции зданий не очень распространены, поэтому зимой влажность воздуха в здании может упасть ниже 30%, а в холодное время года и ниже 10%. Очевидно, что в данном случае было бы хорошо и правильно увлажнить вентиляционный воздух, чтобы сохранить более гигиеничное и комфортное качество воздуха по показателям влажности.

Любой фильтр, который удаляет частицы из воздуха, может снизить воздействие вируса. Основной вопрос заключается в том, какой эффективности требуется фильтр, чтобы фильтрация оказала значительное влияние на снижение вероятности заражения людей воздушно-капельным вирусом. Воздушные фильтры предназначены для улавливания твердых частиц и загрязнений диаметром от 10 до 1 микрон. Чем меньше диаметр загрязняющего вещества, тем плотнее должен быть фильтрующий материал. В учреждениях здравоохранения мы должны быть уверены, что вирус и другие патогенные микроорганизмы не будут проникать в помещения через вентиляционные системы. Здесь применяются высокоэффективные фильтры для улавливания твердых частиц (HEPA). Рекомендуется использовать HEPA-фильтры с эффективностью 99,95% и соответствующие префильтры с достаточной эффективностью.

В качестве дальнейшего этапа очистки воздуха от вирусов и бактерий можно использовать бактерицидное ультрафиолетовое облучение (UVGI). Мощное ультрафиолетовое облучение инактивирует микроорганизмы и может помочь сохранить поверхности безопасными и гигиеничными. В этой связи для

обеззараживания воздуха применяются секции и модули с бактерицидными лампами. Здесь можно увидеть вкратце принцип их работы и особенности монтажа.

Принцип работы бактерицидных секций заключается в инактивации, уничтожении вирусов и бактерий, находящихся в воздухе, ультрафиолетовым облучением. Установка бактерицидной секции для обеззараживания требует установки диффузора (до секции) и конфузора (после секции) в систему воздуховодов.



Рисунок. 1. Бактерицидная секция для обеззараживания воздуха

Установка бактерицидного модуля для обеззараживания позволяет выполнять его монтаж в любом месте воздуховода [2].



Рисунок. 2. Бактерицидный модуль для обеззараживания воздуха

Во время пандемии и вспышек эпидемии важно, чтобы вентиляционная установка была правильно настроена и содержалась в хорошем состоянии, а также выполнялись надлежащие процедуры сервисного обслуживания (проверка фильтров и ресурса бактерицидных ламп в секциях обеззараживания). Обслуживающий персонал систем вентиляции должен соблюдать гигиенические рекомендации, данные надзорными органами. Рекомендуется носить защитную одежду и мыть руки после завершения работ. До сих пор ни одно исследование не показало, что вентиляционные системы являются переносчиком болезней и вирусов, поэтому продолжайте использовать вентиляцию для предотвращения распространения заболеваний, используя воздух в качестве очистителя, и контролируя возможные потенциальные риски.

Список использованных источников:

1. <http://www.tria-komm.ru> – Статья «Вентиляция против вирусов».
2. <https://www.abok.ru> – Статья «Эффективная очистка воздуха для предотвращения распространения коронавирусной инфекции».

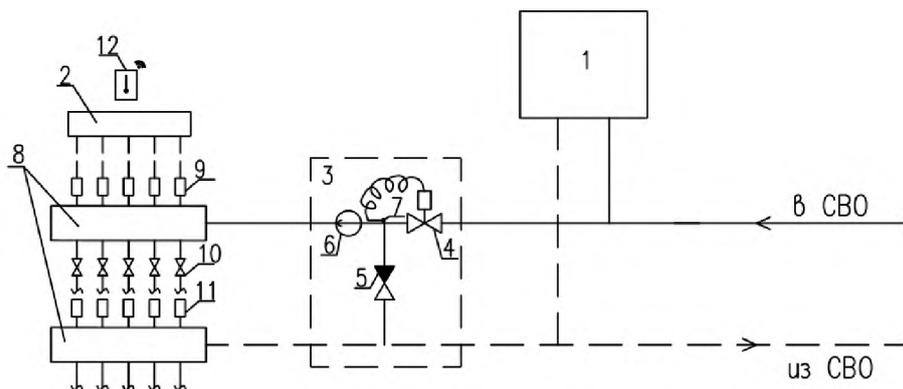
Степанюк А.В., Чубрик А.Н., Огиевич Н.В.

РАСЧЁТ СТОИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Новосельцев В.Г. к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

Отоплением называется искусственный обогрев помещений здания, с помощью специальной установки или системы, для компенсации теплопотерь и поддержания в них температурных параметров на уровне, определяемом условиями теплового комфорта для находящихся в помещении людей. Для создания и поддержания теплового комфорта в помещениях зданий требуются технически совершенные и надёжные отопительные установки, работающие полностью от электричества или на теплоносителе. У водяного отопления есть масса плюсов и минусов, которые сводятся к характеристикам теплоносителя — воды. К плюсам можно отнести высокую теплоемкость, экологичность, доступность теплоносителя и его дешевизну. К минусам можно отнести малую стойкость к низким температурам, чувствительность системы к качеству теплоносителя, коррозию отопительной системы, сложность эксплуатации и монтажа в сравнении с электрическим отоплением. В данной работе мы подсчитаем стоимость СВО для коттеджа. По новым нормам сопротивление теплопередаче стен: $R = 3,2 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт}$.

Общие теплопотери составили 5809 Вт. В данной статье мы запроектировали комбинированную систему отопления индивидуального жилого дома, состоящую из напольного отопления и радиаторного отопления с горизонтальной разводкой труб и подземной прокладкой трубопроводов.



1 – котёл; 2 – коммутатор; 3 – смесительный узел; 4 – двухходовой термостатический клапан; 5 – обратный клапан; 6 – циркуляционный насос тёплого пола; 7 – выносной датчик; 8 – гребёнки для тёплого пола; 9 – сервопривод; 10 – регулировочный вентиль; 11 – ротаметр; 12 – выносной датчик для определения температуры воздуха в помещении.

Рисунок 1. Схема обвязки узла тёплого пола.

Исходя из расчёта теплопотерь был выбран двухконтурный газовый котел VICTORY АОГВ 24ТМ. Данный газовый котел — это конструктивно модульное устройство, включающее в себя группу безопасности и управления, циркуляционный

насос, расширительный бак, теплообменник, газовую горелку, вентилятор для дымовых газов. Он выполняет две функции: нагрев проточной воды и нагрев системы отопления.

Часть нашего дома будет отапливаться стальными панельными радиаторами «ЛИДЕЯ», подобранными в соответствии с тепловым расчётом. В помещениях 101, 201 установили радиаторы «ЛИДЕЯ» лк30-308. В помещениях 202,203 - лк30-309,а в помещении 204 - лк30-305. На рисунке изображён узел подключения радиатора

В комнатах 102, 103, 104, 105, 205, 206 применим водяной тёплый пол. Оборудование для узла смешения распределительной гребёнки тёплого пола, а также термостатические клапаны взяли от фирмы HERZ Armaturen. Регулировка температуры будет осуществляться с помощью коммутатора и выносных датчиков температуры.

Трубы и фитинги, подобранные по гидравлическому расчёту взяли от фирмы KAN-therm. На рисунках 2-4 будут приведены планы разводки и аксонометрия системы отопления.

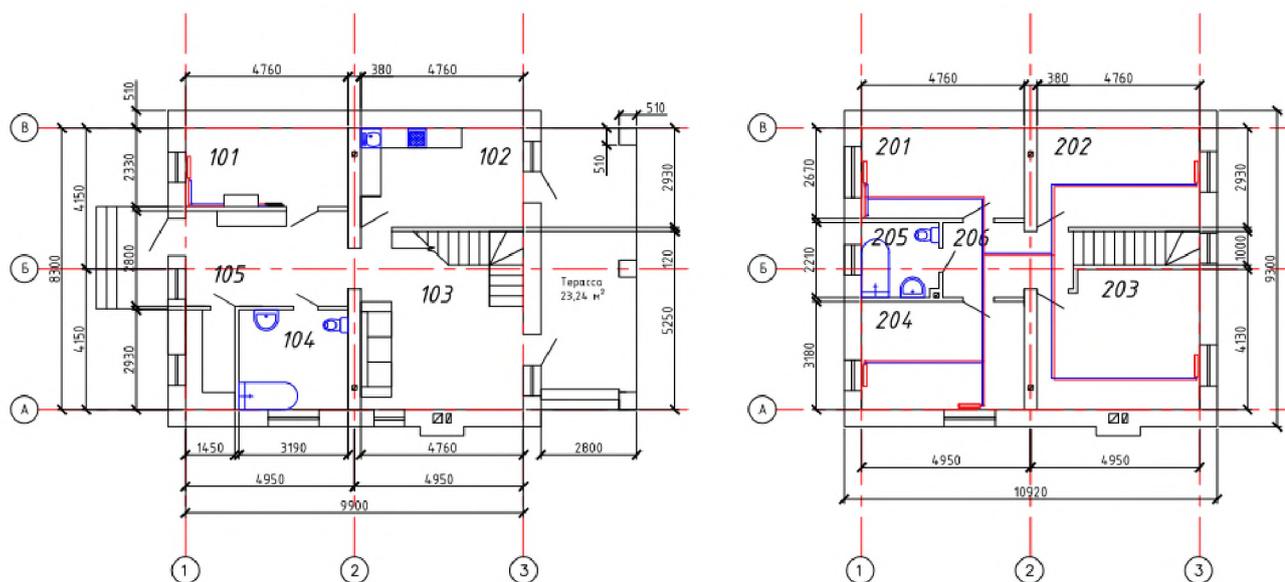


Рисунок 2. Планы первого и второго этажа с радиаторным отоплением

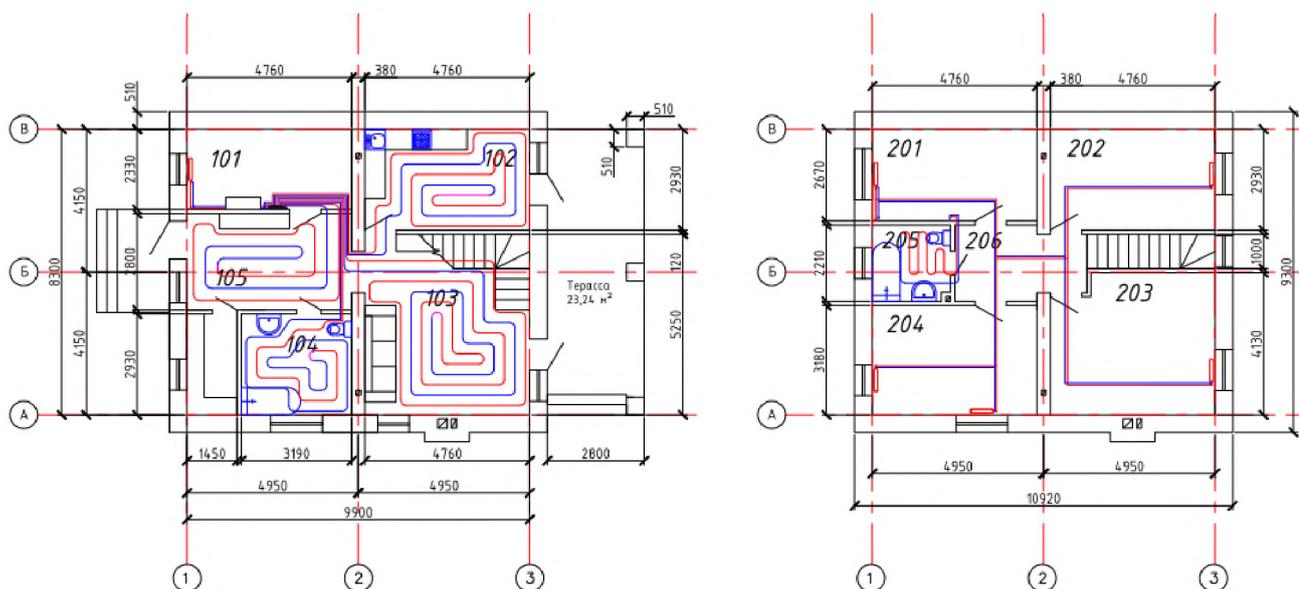


Рисунок 3. Планы первого и второго этажа с напольным отоплением

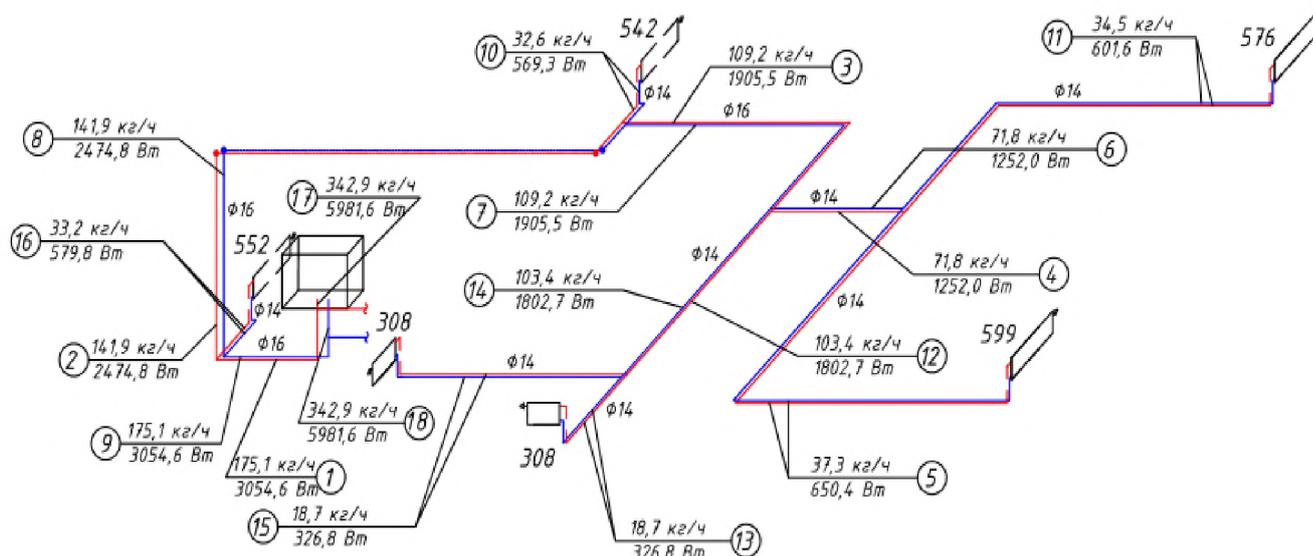


Рисунок 4. Аксонометрическая схема радиаторного отопления

Полученные данные по расчёту системы внесены в таблицу 1.

Таблица 1. Перечень выбранных приборов и арматуры для отопления индивидуального жилого дома

| № приоб. | Радиаторное отопление | | | |
|-------------------------------|---|---------------|----------------|----------------------|
| | Наименование элемента | Количество | Цена за шт(1м) | Общая стоимость(ВУН) |
| 1 | Газовый котел VICTORY АОГВ 24ТМ | 1 | 1874 | 1874 |
| 2 | Трубы металлополимерные PE-RT/AL/PE-HD | диаметр 14 мм | 57 | 295 |
| 3 | | диаметр 16 мм | 21 | 124 |
| 4 | | диаметр 20 мм | 1 | 8 |
| 5 | Термостатический клапан Herz-TS-90-V (DN 15) | 6 | 42 | 252 |
| 6 | Запорный клапан HERZ RL-1(DN15) | 6 | 27 | 162 |
| 7 | Головка термостатического клапана HERZ-MINI | 6 | 105 | 630 |
| 8 | Радиаторы стальные панельные "ЛИДЕЯ" лк30-308 | 2 | 137 | 274 |
| 9 | Радиаторы стальные панельные "ЛИДЕЯ" лк30-309 | 2 | 149 | 298 |
| 10 | Радиаторы стальные панельные "ЛИДЕЯ" лк30-305 | 1 | 100 | 100 |
| 11 | Fondital Автоматический воздухоотводчик радиаторный | 5 | 17 | 85 |
| 12 | Отвод PPSU Press с пресс-кольцом 16×2 / 16×2 | 10 | 7 | 70 |
| 13 | Тройник PPSU Press с пресс-кольцом 20×2 / 16×2 / 16×2 | 2 | 12,3 | 25 |
| 14 | Отвод PPSU Push 14×2 / 14×2 | 30 | 7,68 | 230 |
| 15 | Тройник редуционный PPSU 16 / 14 / 16 | 2 | 14,5 | 29 |
| 16 | Тройник редуционный PPSU 16 / 16 / 14 | 2 | 15 | 30 |
| 17 | Тройник редуционный PPSU 16 / 14 / 14 | 2 | 13,8 | 28 |
| 18 | Кольцо PVDF полимерное натяжное Push/Push Platinum 14×2A | 72 | 2,35 | 169 |
| 19 | Кольцо PVDF 14 | 8 | 1,8 | 14 |
| 20 | Кольцо PVDF 16 | 10 | 2,1 | 21 |
| 21 | Тройник PPSU Push 14×2 / 14×2 / 14×2 | 4 | 9,3 | 37 |
| Отопление тёплым полом | | | | |
| 22 | Термостатическая головка с накладным датчиком HERZ | 1 | 113 | 113 |
| 23 | Термоприводы для двухпозиционного регулирования HERZ | 5 | 108 | 540 |
| 24 | Коммутационный модуль 230 В / 24 В, проводной (отопление 230 В / 24 В) | 1 | 231 | 231 |
| 25 | Терморегулятор Terplotex 70 Original | 5 | 50 | 250 |
| 26 | Распределительный коллектор COMPACTFLOOR с расходомерами и термостатическими клапанами на 5 отводов | 1 | 555 | 555 |
| 27 | Термостатический клапан Herz-TS-90-V (DN 15) | 1 | 42 | 42 |
| 28 | Труба металлополимерная PE-RT/AL/PE-HD диаметром 14 мм | 174 | 5,17 | 900 |
| 29 | Пружинный обратный клапан | 1 | 47 | 47 |
| 30 | Циркуляционный насос Valtec VRS 25/4-180 | 1 | 129 | 129 |
| Общая стоимость | | | | 7562 |

Вывод. В ходе работы мы рассчитали стоимость водяного отопления для индивидуального жилого дома, которая составила **7562** руб. Данные расчёты необходимы для сравнения стоимости водяного отопления с электрическими для последующего выбора системы с учётом комфорта и экономии.

Список использованных источников:

1. <https://www.herz.by/upload/iblock/bc2/prays-broshyura-herz-2021.pdf> – Интернет магазин [Электронный ресурс] / Режим доступа: . – Дата доступа: 03.03.2021.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03.
3. <https://sovet-ingenera.com> – Интернет-энциклопедия об обустройстве сетей инженерно-технического обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа: . – Дата доступа: 03.03.2021.

Гришкевич М.Ю., Чубрик А.Н.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА В СОСТАВЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Применение установок с рекуперацией тепла позволяет уменьшить потребление электроэнергии, тем самым снизить финансовые затраты. Рекуператор предназначен для повторного применения теплоты или холода, забираемых от уходящего воздуха систем вентиляции и кондиционирования, от технологических потоков, местных отсосов и т.д. Применение секции утилизации теплоты определяется характеристиками потоков и требованиями, предъявляемыми к помещению, в котором необходимо осуществить кондиционирование воздуха.

Экспериментальный рекуператор диагональный пластинчатый установлен в лабораторном стенде «Центральный промышленный кондиционер КЦ-ТК-1,6-6/3» в ауд. 3/116 кафедры ТГВ, БрГТУ.

В данном исследовании мы выставляли настройки вентиляторов при которых изменялся расход наружного и уходящего воздуха. В первом опыте мы выставили 76% мощности для вентилятора на приток и 45% для вентилятора на вытяжку. Во втором опыте мы изменили настройки вентилятора на приток – 45% и вентилятора на вытяжку – 76%. При работе вентиляторов на 76% обеспечивается расход воздуха по паспорту: $L=1500 \pm 10\%$, $[1350 \div 1650]$ м³/ч. КПД при этом составляет: $\eta=59,3\%$. Площадь сечения приточного и вытяжного канала: $F=2000$ см².

В процессе работы кондиционера была задействована только секция с диагональным пластинчатым рекуператором и мы измеряли параметры воздуха на входе и выходе из него. Определили КПД и мощность и затем в результате полученных данных построили графики зависимости изменения воздуха внутри рекуператора. **Расчётные формулы:**

1) Расход воздуха L , м³/ч: $L = V \cdot 3600 \cdot F$, м³/ч

где V – скорость воздуха, м/с; F – площадь сечения входного (выходного) канала, м².

2) Соотношение воздухообменов: $k = \frac{L_{\Pi}}{L_{\text{В}}}$

3) КПД рекуператора: $\eta = \frac{T_{\Pi} - T_{\text{Н}}}{T_{\text{В}} - T_{\text{Н}}} \cdot 100\%$

где T_{Π} , $T_{\text{Н}}$, $T_{\text{В}}$ – температура приточного, наружного и вытяжного воздуха соответственно, °С.

4) Мощность, Q, кВт: $Q = G \cdot (I_{\text{к}} - I_{\text{н}})$, кДж/ч · 0,277778, кВт

где $I_{\text{к}}$ и $I_{\text{н}}$ – энтальпии начального и конечного состояния, кДж/кг;

G – массовый расход воздуха (кг/ч).

Таблица 1. Данные полученные при $k=1:0,7$

| t, мин | Н | | П | | В | | Р | | $\eta, \%$ | Gпр., кг/ч | Iп, кДж/кг | Iн, кДж/кг | Q | |
|--------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|------------|---------|------|
| | T, °C | $\phi, \%$ | T, °C | $\phi, \%$ | T, °C | $\phi, \%$ | $\phi, \%$ | T, °C | | | | | кДж/ч | кВт |
| вкл. | | | 17,1 | 21,7 | 17,9 | 27,0 | 65,0 | 3,0 | 97 | 1821 | 23,8 | | 46435,5 | 12,9 |
| | | | 16,2 | 22,5 | 17,9 | 27,0 | 65,3 | 2,7 | 93 | 1830 | 22,8 | | 44835 | 12,5 |
| 1 | | | 15,0 | 23,8 | 17,9 | 27,0 | 65,7 | 2,3 | 88 | 1839 | 21,4 | | 42480,9 | 11,8 |
| | | | 14,4 | 24,9 | 17,9 | 27,0 | 66,0 | 2,0 | 86 | 1842 | 20,8 | | 41445 | 11,5 |
| 2 | | | 13,9 | 26,3 | 17,8 | 27,1 | 66,2 | 1,8 | 84 | 1845 | 20,5 | | 40959 | 11,4 |
| | | | 13,2 | 27,4 | 17,8 | 27,1 | 66,6 | 1,4 | 81 | 1849 | 19,8 | | 39753,5 | 11,0 |
| 3 | | | 12,0 | 28,6 | 17,8 | 27,2 | 67,0 | 1,0 | 76 | 1858 | 18,3 | | 37160 | 10,3 |
| | | | 11,3 | 29,3 | 17,7 | 27,1 | 67,3 | 0,8 | 73 | 1863 | 17,5 | | 35769,6 | 9,9 |
| 4 | -6,3 | 84,5 | 10,1 | 30,5 | 17,7 | 27,2 | 67,9 | 0,6 | 68 | 1870 | 16 | -1,7 | 33099 | 9,2 |
| | | | 9,2 | 31,4 | 17,7 | 27,2 | 68,1 | 0,5 | 65 | 1871 | 14,9 | | 31058,6 | 8,6 |
| 5 | | | 8,4 | 32,3 | 17,7 | 27,3 | 68,2 | 0,4 | 61 | 1876 | 14 | | 29453,2 | 8,2 |
| | | | 7,9 | 33,6 | 17,4 | 27,2 | 68,5 | 0,3 | 60 | 1880 | 13,5 | | 28576 | 7,9 |
| 6 | | | 7,5 | 34,2 | 17,6 | 27,1 | 68,3 | 0,1 | 58 | 1882 | 13 | | 27665,4 | 7,7 |
| | | | 7,1 | 35,1 | 17,6 | 27,3 | 68,2 | -0,1 | 56 | 1885 | 12,6 | | 26955,5 | 7,5 |
| 7 | | | 7,0 | 36,2 | 17,6 | 27,3 | 68,6 | -0,2 | 56 | 1886 | 12,7 | | 27158,4 | 7,5 |
| | | | 6,6 | 36,8 | 17,4 | 27,6 | 68,9 | -0,3 | 54 | 1889 | 12,2 | | 26257,1 | 7,3 |
| 8 | | | 6,4 | 37,6 | 17,4 | 28,2 | 69,3 | -0,5 | 54 | 1889 | 12 | | 25879,3 | 7,2 |
| | | | 6,1 | 38,3 | 17,4 | 28,2 | 69,6 | -0,5 | 52 | 1892 | 11,9 | | 25731,2 | 7,1 |
| 9 | | | 5,9 | 38,6 | 17,4 | 28,1 | 69,9 | -0,6 | 51 | 1894 | 11,5 | | 25000,8 | 6,9 |
| | | | 5,8 | 38,7 | 17,4 | 27,8 | 70,2 | -0,6 | 51 | 1894 | 11,4 | | 24811,4 | 6,9 |
| 10 | | | 5,7 | 39,2 | 17,3 | 28,1 | 70,2 | -0,7 | 51 | 1895 | 11,3 | | 24635 | 6,8 |
| | | | 5,5 | 39,5 | 17,3 | 28,2 | 70,5 | -0,7 | 50 | 1897 | 11,1 | | 24281,6 | 6,7 |
| 11 | | | 5,5 | 40,1 | 17,3 | 28,2 | 70,8 | -0,7 | 50 | 1897 | 11,1 | | 24281,6 | 6,7 |
| | | | 5,4 | 40,7 | 17,3 | 28,3 | 71,2 | -0,7 | 50 | 1897 | 11,1 | | 24281,6 | 6,7 |
| 12 | | | 5,3 | 40,3 | 17,3 | 28,4 | 70,8 | -0,7 | 49 | 1897 | 10,9 | | 23902,2 | 6,6 |
| | | | 5,3 | 40,4 | 17,3 | 28,5 | 70,9 | -0,8 | 49 | 1897 | 10,9 | | 23902,2 | 6,6 |
| 13 | | | 5,1 | 40,6 | 17,3 | 28,3 | 71,4 | -0,9 | 48 | 1898 | 10,6 | | 23345,4 | 6,5 |
| | | | 5,1 | 40,8 | 17,3 | 28,5 | 71,6 | -1,0 | 48 | 1898 | 10,7 | | 23535,2 | 6,5 |
| 14 | -6,3 | 84,5 | 4,9 | 40,9 | 17,1 | 28,7 | 71,3 | -1,1 | 48 | 1900 | 10,4 | -1,7 | 22990 | 6,4 |
| | | | 4,8 | 41,2 | 17,3 | 28,5 | 71,3 | -1,1 | 47 | 1901 | 10,3 | | 22812 | 6,3 |
| 15 | | | 4,8 | 41,2 | 17,1 | 28,6 | 71,6 | -1,2 | 47 | 1901 | 10,3 | | 22812 | 6,3 |
| | | | 4,7 | 41,6 | 17,1 | 28,4 | 71,8 | -1,2 | 47 | 1901 | 10,2 | | 22621,9 | 6,3 |
| 16 | | | 4,7 | 41,8 | 17,1 | 28,4 | 71,8 | -1,2 | 47 | 1901 | 10,2 | | 22621,9 | 6,3 |
| | | | 4,5 | 41,8 | 17,0 | 28,5 | 71,9 | -1,2 | 46 | 1903 | 10 | | 22265,1 | 6,2 |
| 17 | | | 4,5 | 42,1 | 17,0 | 28,7 | 72,0 | -1,2 | 46 | 1903 | 10 | | 22265,1 | 6,2 |
| | | | 4,5 | 42,2 | 17,0 | 28,4 | 72,0 | -1,2 | 46 | 1903 | 10 | | 22265,1 | 6,2 |
| 18 | | | 4,5 | 42,3 | 17,1 | 28,6 | 71,7 | -1,2 | 46 | 1903 | 10 | | 22265,1 | 6,2 |
| | | | 4,4 | 42,4 | 17,1 | 28,7 | 71,7 | -1,2 | 46 | 1904 | 9,9 | | 22086,4 | 6,1 |
| 19 | | | 4,4 | 42,5 | 17,1 | 28,7 | 71,6 | -1,2 | 46 | 1904 | 9,9 | | 22086,4 | 6,1 |
| | | | 4,4 | 42,7 | 17,0 | 28,5 | 71,6 | -1,3 | 46 | 1904 | 9,9 | | 22086,4 | 6,1 |
| 20 | | | 4,4 | 42,8 | 17,0 | 28,6 | 71,4 | -1,2 | 46 | 1904 | 10 | | 22276,8 | 6,2 |

Опыт 1 (k=1:0,7)

Приток:

$V_{\text{п}}=2,1$ м/с

$L=1500$ м³/ч

Вытяжка:

$V_{\text{п}}=1,5$ м/с

$L=1069$ м³/ч

Опыт 2 (k=0,6:1,3)

Приток:

$V_{\text{п}}=1,3$ м/с

$L=927$ м³/ч

Вытяжка:

$V_{\text{п}}=2,8$ м/с

$L=1996$ м³/ч

По полученным данным видно, что температура приточного воздуха уменьшается, а затем становится постоянной. При этом влажность возросла на 21,1%. Температура вытяжного воздуха понизилась почти на 1°С, а влажность повысилась на 1,6%. В начале опыта при k=1:0,7 КПД был достаточно высоким (97%) из-за того что разница между приточным и внутренним воздухом была небольшая. После стабилизации температуры приточного воздуха КПД стало постоянным и равным 46%. Вытяжной воздух отдал 6,2 кВт тепла.

По полученным данным в таблице 1 построили графики зависимости параметров воздуха в рекуператоре.



Рисунок 1. График зависимости КПД от времени

По данному графику видно, что при запуске центрального кондиционера КПД составлял 97%, но при дальнейших измерениях он начал стремительно падать до 46%, так как разница температур между приточным и вытяжным воздухом стала увеличиваться, и после 16-ти минут измерений КПД перестал изменяться.



Рисунок 2. График зависимости температуры удаляемого воздуха после рекуператора от времени

По данному графику видно, температура удаляемого воздуха после рекуператора с течением времени медленно снижается с 3°С до -1,2°С. Это связано с тем,

что рекуператор до проведения испытания был нагрет внутренним воздухом и наружный воздух сначала охлаждал сам рекуператор, а после и удаляемый из помещения воздух.

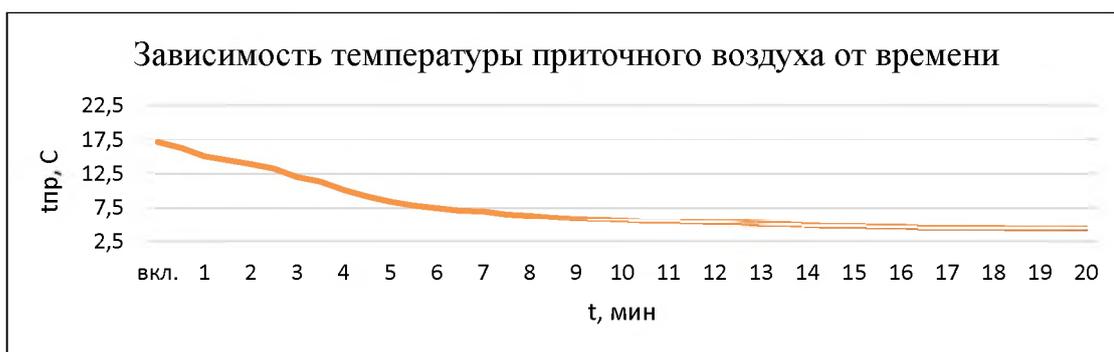


Рисунок 3. График зависимости температуры приточного воздуха от времени

По построенным данным видно, что температура приточного воздуха снижается с течением времени с 17,1°C до 4,4°C и дальше становится постоянной.



Рисунок 4. График зависимости мощности от времени

Из графика следует, что мощность в начале опыта составляла 12,9 кВт и затем уменьшалась до 6 кВт, так как температура приточного воздуха уменьшалась, а следовательно уменьшалась и энтальпия.

Опыт №2

В начале второго опыта ($k=0,6:1,3$) КПД сначала был низким (49%) из-за того, что в первом опыте пластины рекуператора были охлаждены наружным воздухом (так как наружного воздуха было больше чем уходящего), но после КПД повысилось (74%) и стабилизировалось (уходящего воздуха больше, следовательно тепла наружному воздуху он отдает больше чем в первом опыте).

По полученным данным в таблице 2 построили графики зависимости параметров воздуха в рекуператоре.



Рисунок 5. График зависимости КПД от времени

Таблица 2. Данные полученные при k=0,6:1,3

| t, мин | Н | | П | | В | | Р | | η, % | G _{пр.} , кг/ч | I _{п.} , кДж/кг | I _{н.} , кДж/кг | Q | |
|--------|-------|------|-------|------|-------|------|----------------|-------|------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|-------|
| | T, °C | φ, % | T, °C | φ, % | T, °C | φ, % | Термогигрометр | | | | | | кДж/ч | кВт |
| | | | | | | | φ, % | T, °C | | | | | | |
| вкл. | 6,3 | 84,5 | 5,2 | 42,6 | 17,0 | 28,7 | 54,0 | 5,5 | 49 | 1176 | 11,1 | -1,7 | 15052,8 | 4,181 |
| | | | 6,1 | 40,4 | 17,0 | 29,5 | 50,3 | 6,2 | 53 | 1173 | 12 | | 16070,1 | 4,464 |
| 1 | | | 6,7 | 39,1 | 17,0 | 29,5 | 48,8 | 6,5 | 56 | 1170 | 12,7 | | 16848 | 4,680 |
| | | | 7,3 | 38,1 | 17,0 | 28,8 | 47,6 | 6,6 | 58 | 1167 | 13,4 | | 17621,7 | 4,895 |
| 2 | | | 7,7 | 36,2 | 17,0 | 28,8 | 47,4 | 6,7 | 60 | 1166 | 13,6 | | 17839,8 | 4,956 |
| | | | 8,0 | 35,3 | 17,0 | 28,3 | 47,1 | 6,7 | 61 | 1164 | 13,9 | | 18158,4 | 5,044 |
| 3 | | | 8,4 | 34,7 | 17,0 | 28,4 | 46,9 | 6,8 | 63 | 1162 | 14,4 | | 18708,2 | 5,197 |
| | | | 8,6 | 33,5 | 17,0 | 28,6 | 46,7 | 6,8 | 64 | 1162 | 14,5 | | 18824,4 | 5,229 |
| 4 | | | 8,9 | 33,1 | 17,0 | 28,7 | 47,0 | 6,7 | 65 | 1161 | 14,8 | | 19156,5 | 5,321 |
| | | | 9,0 | 33,0 | 16,9 | 28,7 | 47,0 | 6,8 | 66 | 1161 | 14,9 | | 19272,6 | 5,354 |
| 5 | | | 9,2 | 32,7 | 16,9 | 28,6 | 46,8 | 6,8 | 67 | 1160 | 15,2 | | 19604 | 5,446 |
| | | | 9,4 | 32,5 | 17,0 | 28,5 | 47,2 | 6,9 | 67 | 1159 | 15,4 | | 19818,9 | 5,505 |
| 6 | | | 9,5 | 32,0 | 17,0 | 28,5 | 47,0 | 7,0 | 68 | 1159 | 15,5 | | 19934,8 | 5,537 |
| | | | 9,6 | 32,1 | 17,0 | 28,8 | 47,2 | 7,1 | 68 | 1158 | 15,6 | | 20033,4 | 5,565 |
| 7 | | | 9,8 | 31,5 | 16,9 | 28,6 | 47,0 | 7,0 | 69 | 1157 | 15,8 | | 20247,5 | 5,624 |
| | | | 9,9 | 31,4 | 17,0 | 28,4 | 47,1 | 7,1 | 70 | 1157 | 15,9 | | 20363,2 | 5,656 |
| 8 | | | 10,1 | 31,1 | 16,9 | 28,2 | 47,0 | 7,1 | 71 | 1156 | 16,1 | | 20576,8 | 5,716 |
| | 10,1 | 30,8 | 16,9 | 28,5 | 47,0 | 7,1 | 71 | 1156 | 16,1 | 20576,8 | 5,716 | | | |
| 9 | 10,2 | 30,8 | 17,0 | 28,7 | 46,7 | 7,1 | 71 | 1155 | 16,2 | 20674,5 | 5,743 | | | |
| | 10,2 | 30,3 | 17,0 | 28,4 | 47,4 | 7,0 | 71 | 1155 | 16,1 | 20559 | 5,711 | | | |
| 10 | 10,4 | 30,2 | 17,0 | 28,5 | 47,8 | 7,0 | 72 | 1155 | 16,4 | 20905,5 | 5,807 | | | |
| | 10,4 | 30,7 | 17,0 | 29,0 | 47,7 | 7,0 | 72 | 1155 | 16,5 | 21021 | 5,839 | | | |
| 11 | 10,6 | 30,6 | 17,0 | 28,7 | 47,5 | 7,2 | 73 | 1154 | 16,7 | 21233,6 | 5,898 | | | |
| | 10,6 | 30,5 | 17,1 | 28,7 | 47,4 | 7,1 | 72 | 1154 | 16,7 | 21233,6 | 5,898 | | | |
| 12 | 10,6 | 30,7 | 17,0 | 28,5 | 47,0 | 7,2 | 73 | 1154 | 16,8 | 21349 | 5,930 | | | |
| | 10,7 | 30,4 | 17,0 | 28,8 | 47,3 | 7,2 | 73 | 1153 | 16,8 | 21330,5 | 5,925 | | | |
| 13 | 10,7 | 30,0 | 17,0 | 28,8 | 47,0 | 7,2 | 73 | 1153 | 16,8 | 21330,5 | 5,925 | | | |
| | 10,7 | 30,1 | 17,1 | 28,9 | 47,5 | 7,2 | 73 | 1153 | 16,8 | 21330,5 | 5,925 | | | |
| 14 | 10,9 | 29,9 | 17,1 | 29 | 47,3 | 7,2 | 74 | 1152 | 17 | 21542,4 | 5,984 | | | |
| | 10,9 | 29,8 | 17,1 | 29,1 | 47,4 | 7,2 | 74 | 1152 | 17 | 21542,4 | 5,984 | | | |
| 15 | 10,9 | 29,6 | 17,0 | 29,0 | 47,7 | 7,2 | 74 | 1152 | 17 | 21542,4 | 5,984 | | | |
| | 11,0 | 30,1 | 17,0 | 28,9 | 47,6 | 7,2 | 74 | 1152 | 17,2 | 21772,8 | 6,048 | | | |
| 16 | 11,0 | 30,2 | 17,0 | 28,9 | 47,6 | 7,2 | 74 | 1152 | 17,2 | 21772,8 | 6,048 | | | |
| | 11,0 | 29,7 | 17,0 | 29,3 | 47,7 | 7,2 | 74 | 1152 | 17,1 | 21657,6 | 6,016 | | | |
| 17 | 11,0 | 29,6 | 17,0 | 28,5 | 47,6 | 7,1 | 74 | 1152 | 17,1 | 21657,6 | 6,016 | | | |
| | 11,0 | 30,1 | 17,0 | 28,6 | 47,6 | 7,2 | 74 | 1152 | 17,2 | 21772,8 | 6,048 | | | |

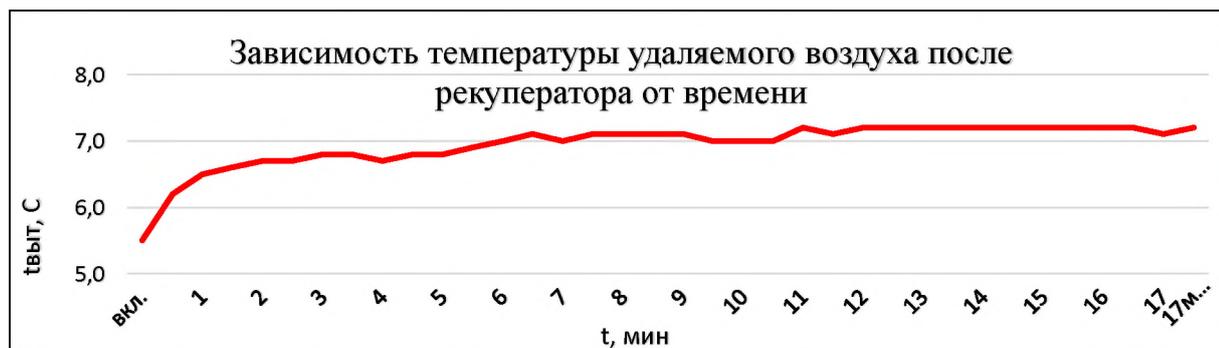


Рисунок 6. График зависимости температуры удаляемого воздуха после рекуператора от времени

По данному графику видно, что вначале КПД был низким и составлял 49%, но при дальнейших измерениях КПД повысилось до 74% и стабилизировалось, так как

уходящего воздуха больше, следовательно, тепла наружному воздуху рекуператор отдает больше чем в первом опыте.



Рисунок 7. График зависимости температуры приточного воздуха от времени

По данному графику видно, что температура удаляемого воздуха после рекуператора с течением времени медленно повышается с $5,5^{\circ}\text{C}$ до $7,2^{\circ}\text{C}$. Это связано с тем, что в начале опыта удаляемый воздух сначала нагревал сам рекуператор, охлажденный в первом опыте, так как там было большее количество наружного воздуха, а затем уже и наружный воздух.

По построенным данным видно, что температура приточного воздуха повышается с течением времени с $5,2^{\circ}\text{C}$ до 11°C и дальше становится постоянной.

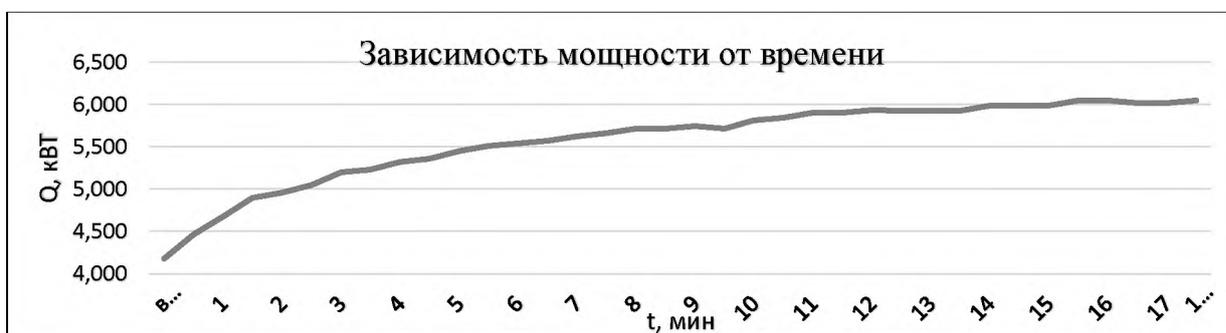


Рисунок 8. График зависимости мощности от времени

Из графика следует, что мощность в начале опыта составляла 4 кВт и затем увеличивалась до 6 кВт, так как температура приточного воздуха повышалась и соответственно увеличивалась его энтальпия.

Вывод: в ходе изучения работы пластинчатого рекуператора в составе центрального кондиционера измеряли температуру и влажность воздуха до пластинчатого рекуператора и после на входе и выходе с изменением расходов наружного и удаляемого воздуха в холодный период года. В результате полученных данных определили КПД и мощность пластинчатого рекуператора, а так же построили графики зависимости параметров воздуха до и после рекуператора. Выяснили, что для эффективности работы пластинчатого рекуператора его работа должна производиться при одинаковых расходах наружного и удаляемого воздуха. КПД при $k=1:0,7$ составило 46%, а при $k=0,6:1,3$ – 74%.

Список использованных источников:

1. Руководство по эксплуатации. Лабораторный стенд «Центральный промышленный кондиционер» КЦ-ТК-1,6-6/3. Внедренческое предприятие «Альтернатива» 2012. – 24 с.
2. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие/ П.И. Дячек. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 676 с.

Крук А.В.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Текстильные воздуховоды — это изделия, предназначенные для транспортировки и раздачи воздушных потоков в помещении.

Текстильные воздуховоды служат альтернативой металлическим: они легко транспортируются в сложенном виде, быстро монтируются, имеют малый вес. Такие воздуховоды используются для раздачи воздуха от установок систем вентиляции, холодоснабжения или воздушного отопления, обеспечивая равномерное и направленное распределение воздушных потоков по всей площади, избегая «мертвых зон» и сквозняков. Благодаря специальной обработке гладкое тканевое полотно устойчиво к осаждению и накоплению поверхностных загрязнений, что гарантирует чистоту системы и удовлетворяет строгим санитарно-гигиеническим нормам

По конструктивно-технологическому признаку текстильные воздуховоды подразделяются на: *подводящие* и *воздуховоды-воздухораспределители*.

Подводящие текстильные воздуховоды достаточно плотные — они изготавливаются из специальных синтетических тканей и практически не пропускают воздух. При необходимости на всей поверхности подводящего воздуховода или в отдельных ее областях с помощью лазера может выполняться перфорация — делаются калиброванные отверстия для направленной подачи воздуха в определенные зоны или для увеличения дальности потока воздуха.

Воздуховоды-воздухораспределители изготавливаются из воздухопроницаемой ткани типа полиэстера, номекса, тревира или моноволоконного нейлона, обеспечивающей равномерное распределение воздуха по всей площади и длине воздуховода.

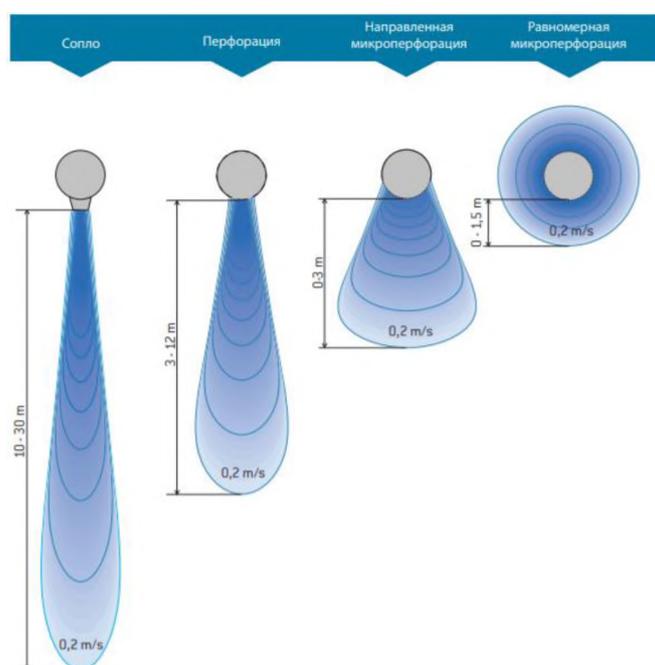


Рисунок 1. Дальность потоков воздуха при различных способах подачи.

По способу подачи воздуха в помещение существуют следующие виды текстильных воздуховодов:

1. *С микроперфорацией.* В этом случае в ткани присутствуют мелкие отверстия, через которые воздух и подается внутрь. Это позволяет более равномерно распределять воздух по помещению. Отверстия могут располагаться как по всей длине воздуховода (равномерная микроперфорация), так и в определенных местах (направленная микроперфорация). Актуально применять в помещениях большого объема и/или с большим количеством людей внутри.

2. *С перфорацией.* Перфорированный воздуховод имеет более крупные отверстия круглой формы. Отличие в том, что через них воздушный поток может подаваться на большее расстояние от воздуховода.

3. *«Сопло».* Более крупное отверстие в воздуховоде, через которое может подаваться сплошная струя воздуха. Может использоваться как для подачи воздушного потока в помещение, так и для создания воздушных завес.

Воздуховоды, предназначенные для вытяжки воздуха, могут быть квадратного или треугольного сечения. Для всасывания воздуха в воздуховод необходимо, чтобы ткань была идеально растянута вдоль и поперек. Растяжение ткани в продольном направлении создается при помощи винтовых натяжных устройств в профиле, в поперечном направлении - при помощи резьбовых шпилек или груза (применительно к треугольному сечению). Воздух всасывается в воздуховод через ряды перфорации, которые расположены определенным образом по всей длине воздуховода. В зависимости от решаемой задачи равномерное всасывание по всей длине можно обеспечить путем подбора оптимальных значений диаметров отверстий и расстояния между ними. Основным преимуществом использования вытяжных текстильных воздуховодов является возможность их быстрой и безупречной очистки. Вытяжной воздуховод состоит из частей, соединенных между собой застежками-молниями. Молнии расстегиваются, и воздуховод легко выдергивается из несущей конструкции. Очистка воздуховодов производится в стиральной машине. Таким образом, вытяжная текстильная система легко демонтируется и очищается.

Воздухозабор, в текстильных вытяжных системах (рис. 2), может осуществляться только через перфорированные отверстия.

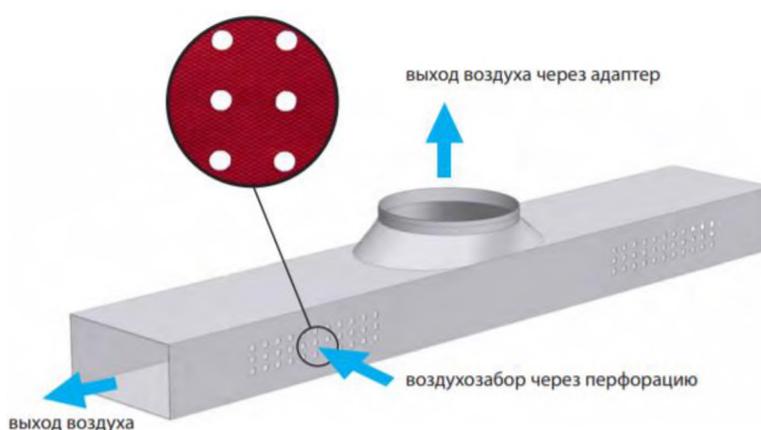


Рисунок 2. Воздухозабор в текстильных вытяжных системах.

Текстильные воздуховоды могут иметь разные формы поперечного сечения, размеры и длину. Длина воздуховода, прежде всего, определяется размерами конкретного помещения. Потери давления в текстильном воздуховоде аналогичны потерям давления в стальном воздуховоде. Расчет сложного текстильного воздуховода производится аналогично расчету стального воздуховода. Минимальное

статическое давление, необходимое для поддержания правильной формы воздуховода, зависит от массы используемой ткани. Для легких материалов достаточно 20 Па, для средних и тяжелых 50 Па. Однако распределение давления по длине диффузора отличается от традиционного воздуховода за счёт снижения продольной скорости.

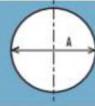
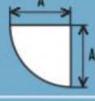
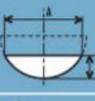
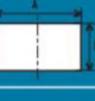
| | | | | |
|-------------------------------------|----|---------------|---|---|
| ТОЛЬКО ИЗБЫТОЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ | С | КРУГ |  | Основное исполнение, наиболее простое в эксплуатации рекомендуем использовать в первую очередь. |
| | Н | ПОЛУКРУГ |  | Используется в случаях недостатка пространства для круглого воздуховода или при особых требованиях к интерьеру. |
| | Q | КВАДРАНТ |  | Используется в случаях недостатка пространства для круглого воздуховода или при особых требованиях к интерьеру, когда воздуховод должен быть установлен в углу помещения. |
| | SG | СЕГМЕНТ |  | Используется при недостатке места даже для полукруглого воздуховода. |
| | SC | СЕКТОР |  | Используется, если квадрантное сечение не может быть применимо из-за нестандартной формы потолка. |
| ИЗБЫТОЧНОЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ | S | ПРЯМОУГОЛЬНИК |  | Форма поддерживается только при помощи специальной конструкции, которая придерживает воздуховод по углам. |
| | T | ТРЕУГОЛЬНИК |  | Поперечное сечение воздуховода поддерживается натянутым с помощью груза, расположенного в нижней части поперечного сечения. |

Рисунок 3. Формы поперечного сечения текстильных воздуховодов.

Монтаж текстильных воздуховодов производится на горизонтально натянутые тросы с вертикальными тросовыми подвесами (каждые 5 метров) либо на специальные подвесные профили. Таким образом, время проведения работ сокращается до 80% по сравнению с монтажом традиционных металлических воздуховодов. Полностью исчезает необходимость работы с объемными и тяжелыми трубами из листового материала.

Таким образом, текстильные воздуховоды — это универсальное средство для распределения воздушных потоков в помещении. Их применение позволяет достичь сбалансированное распределение воздушного потока. Воздуховоды позволяют обеспечить короткую и длинную дистанции распространения воздушного потока, а точно подобранные размеры могут обеспечить требуемую скорость воздуха. Подходят для систем вентиляции и кондиционирования воздуха, а также для систем воздушного отопления. Дальнейшим продолжением данной работы будет являться технико-экономическое сравнение систем воздухораспределения из текстильных и стальных воздуховодов.

Список использованных источников:

1. Технический каталог «Текстильные воздуховоды и воздухораспределители» Prihoda.
2. АЛЬТЕРА Климат «Текстильные воздуховоды» 2019г.
3. <http://termocom.ru/brands/euro-air/chto-takoe-tekstilnye-vozdukhovody/>
4. <https://ventihome.ru/elementy/vozduhovody/tekstilnye-vozduhovody-tkanevye.html>

Каперейко Ю.В., Гринько Е.О.

ИЗУЧЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ОДНОТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

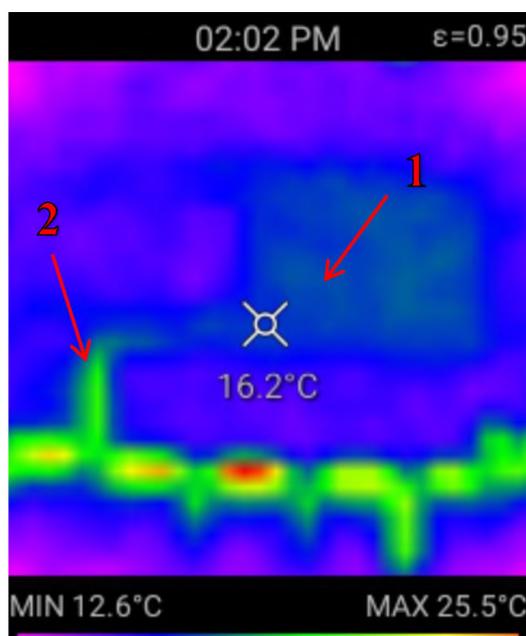
Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Новосельцев В.Г. к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

В зданиях советской постройки наиболее часто применялись однотрубные системы отопления. Наличие в них замыкающих участков позволяет регулировать расход с помощью термостатического клапана в конкретном отопительном приборе без влияния на расход в расположенных далее по стояку отопительных приборах.

При полном закрытии регулирующей арматуры, установленной только на верхней боковой подводке, циркуляция теплоносителя через отопительный прибор прекращается, т.е. теплоотдача равна нулю.

По данным ООО «Витатерм» при таком положении регулирующей арматуры остаточная теплоотдача радиатора составляет 25-45% (при номинальном тепловом потоке 1 кВт и диаметре подводящих трубопроводов 15 и 20 мм). Это объясняется тем, что по верхней части нижней подводки (на которой нет запорно-регулирующей арматуры) горячий теплоноситель попадает в отопительный прибор, а по нижней части той же подводки охлажденный возвращается в стояк. Поэтому рекомендуется на нижней подводке к радиатору устанавливать дополнительно циркуляционный тормоз или специальную запорно-регулирующую арматуру.

Для исследования данного эффекта был проведен эксперимент. Для этого была собрана однотрубная система отопления с замыкающим участком на лабораторном стенде компании «Herz». Температура теплоносителя на «подаче» — 65°C, на «обратке» — 55°C. С помощью тепловизора фиксировались колебания температуры на обратном трубопроводе отопительного прибора, при этом термостатический клапан на подающем трубопроводе был полностью закрыт.



1 – радиатор; 2 – обратный трубопровод
Рисунок 1 – Снимок экрана тепловизора

Исходя из изображения тепловизора, сам отопительный прибор не нагревался, хоть и на обратном трубопроводе заметно возросла температура, однако теплоотдача труб в сравнении с общей теплоотдачей системы незначительна (рисунок 1).

Можно сделать вывод, что рассмотренный эффект при температурах теплоносителя около 70°C не наблюдается. Установка различного оборудования для предотвращения остаточной теплопередачи нецелесообразна, и, вероятнее всего, не будет окупаема. Однако можно предположить, что в высокотемпературных системах отопления (около 95°C) явление остаточной теплопередачи будет более выраженным.

Список использованных источников:

1. Рекомендации по применению секционных радиаторов итальянского предприятия GLOBAL (вторая редакция) / В.И.Сасин, Г.А.Бершидский, Т.Н.Прокопенко, В.Д.Кушнир. – М.: ООО «Витатерм», 2005.
2. Сканава А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСБ, 2002.

Лопачук С.А.

КЛАССИФИКАЦИЯ, МОДИФИКАЦИЯ И РАСЧЁТ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОДИФИКАЦИИ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Сальникова С.Р., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Для газоснабжения городов и населенных пунктов применяются одно-, двух-, трех- и многоступенчатые системы газоснабжения.

Таблица 1. Классификация систем по давлению

| Классификация газопроводов по давлению, категория | Вид транспортируемого газа | Рабочее давление в газопроводе, МПа | Условное обозначение газопровода на чертежах, схемах и опознавательных знаках по ГОСТ 21.609-2014 | |
|---|----------------------------|-------------------------------------|---|----|
| Высокое | 1a | Природный | Св. 1,2 | — |
| | 1 | Природный | Св. 0,6 до 1,2 включ. | Г4 |
| | | СУГ (сжиженный природный газ) | Св. 0,6 до 1,6 вкл. | Г4 |
| | 2 | Природный и СУГ | Св. 0,3 до 0,6 вкл. | Г3 |
| Среднее | — | Природный и СУГ | Св. 0,005 до 0,3 вкл. | Г2 |
| Низкое | — | Природный и СУГ | До 0,005 включ. | Г1 |

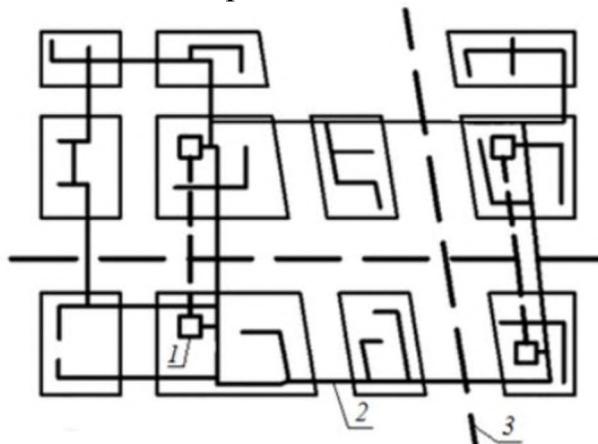
Городские системы газоснабжения присоединяются к магистральным газопроводам через ГРС (газораспределительные станции). Связь между газопроводами различных давлений осуществляется через ГРП (газорегуляторные пункты). Выбор схемы газоснабжения (количество ступеней давления) производится исходя из следующих соображений: чем больше давление газа в газопроводе, тем меньше его диаметр и стоимость, но зато усложняется прокладка сети: необходимо

выдерживать большие расстояния до здания и сооружения, в силу чего не по всем улицам можно проложить сеть высокого давления. С увеличением количества ступеней давления в системе добавляются новые газопроводы и ГРП, но уменьшаются диаметры последующих ступеней давления.

По степени перевода на среднее или высокое давление различаются три модификации систем газоснабжения:

1) система с газорегуляторными пунктами (ГРП). В ней по сетям среднего (или высокого) давления транспортируют только основные потоки газа, а между бытовыми и мелкими коммунальными потребителями распределяют его по широко развитым СНД (рис. 1).

Газорегуляторные пункты имеют пропускную способность 1000–3000 м³/ч, радиус действия до 1500 м. Располагают их в отдельно стоящих отапливаемых зданиях. Средний диаметр подводящих газопроводов составляет 100–150 мм. По СНД транспортируют газ промышленным потребителям и сетевым ГРП.

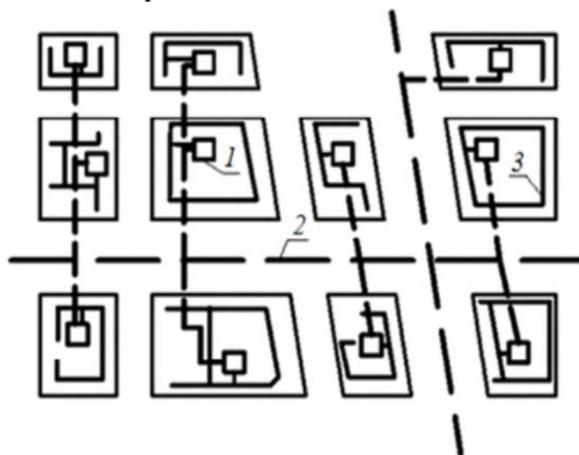


1 – ГРП; 2 – газопровод низкого давления; 3 – газопровод среднего давления.

Рисунок 1. Схема газораспределительной сети с ГРП

2) система с квартальными регуляторными пунктами (КРП) (рис. 2).

Большую часть наружных СНД переводят на среднее или высокое давление. КРП оборудуют регуляторами малой производительности, соответствующей потребности примерно одного квартала; устанавливают их в шкафах или киосках, поэтому КРП имеют значительно меньшую стоимость, чем ГРП. Наружные сети представляют собой малоразветвленные, преимущественно тупиковые газопроводы, соединяющие отдельные здания квартала с КРП.



1 – ШРП; 2 – газопровод низкого давления; 3 – газопровод среднего давления.

Рисунок 2. Схема газораспределительной сети с КРП (ШРП)

3) система с домовыми регуляторными пунктами (ДРП).

ДРП (рис. 3) используется с целью редуцирования транспортируемого газа по трубам, с более высокого или среднего давления на низкое. Автоматически поддерживает выходное давление в установленных пределах в независимости от изменения входного давления и расхода газа в самой системе газоснабжения для построек любого типа.



Рисунок 3. Домовой регуляторный пункт.

Экономическая эффективность систем в зависимости от модификации

Выбран условный поселок, состоящий из домов с разным уровнем потребления газа, и три схемы газораспределения, материал труб — полиэтилен:

- 1) с ГРП или шкафной установкой, общей для всего поселка, и сетями низкого давления (рис. 4);
- 2) со шкафными регуляторами на группу домов и сетями низкого и среднего давления (рис. 5);
- 3) с индивидуальными шкафными регуляторами и сетями среднего давления (рис. 6).

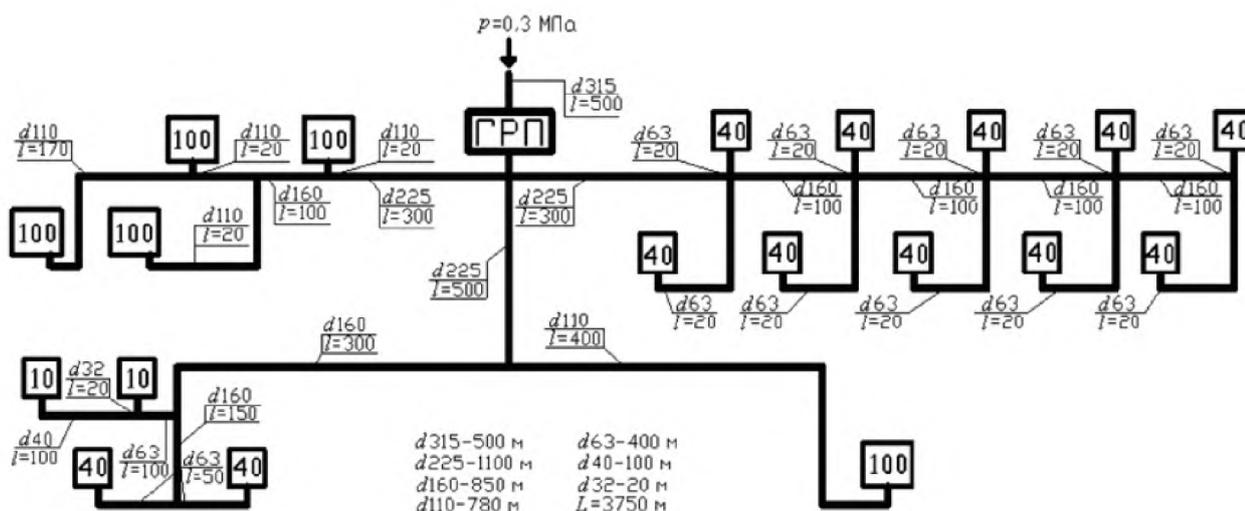


Рисунок 4. Схема 1 с ГРП или шкафной установкой, общей для всего поселка, и сетями низкого давления

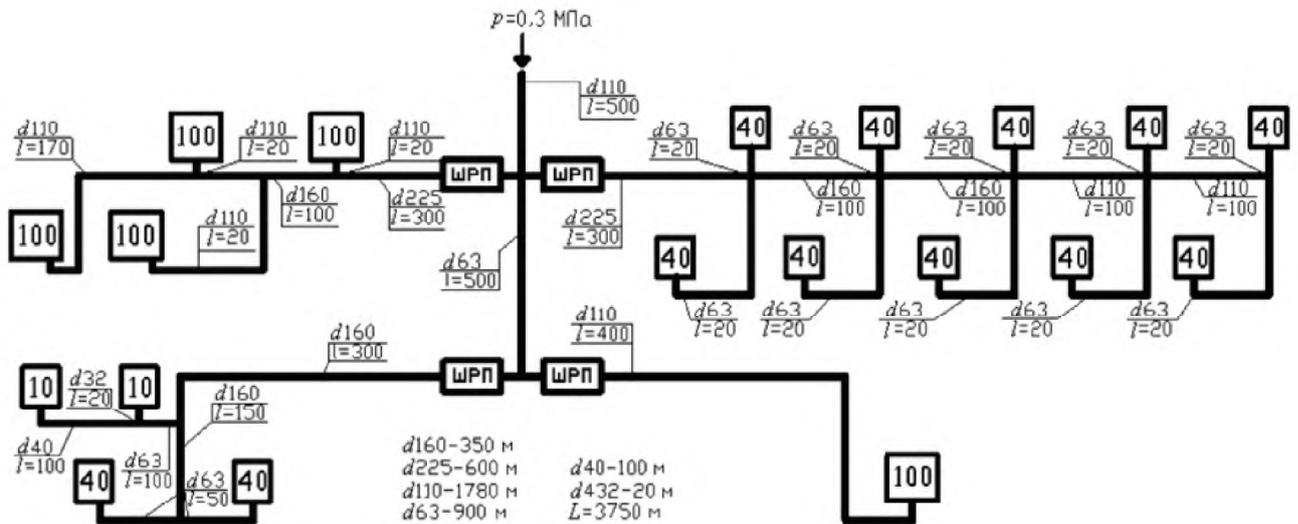


Рисунок 5. Схема 2 со шкафными регуляторами на группу домов и сетями низкого и среднего давления

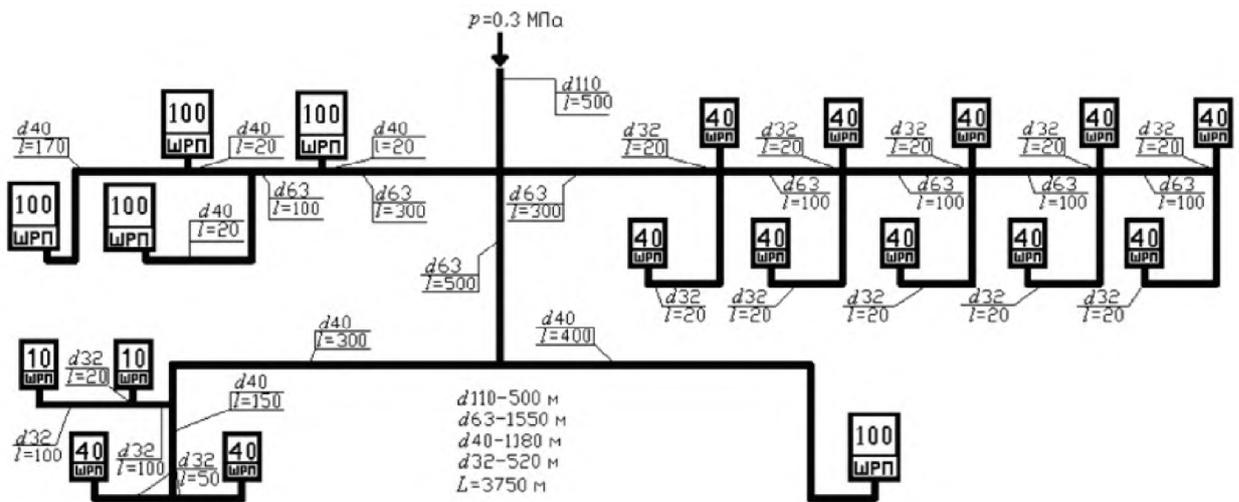


Рисунок 6. Схема 3 с индивидуальными шкафными регуляторами и сетями среднего давления

При одинаковом расходе газа, например 1000 м³/ч, и протяженности газопроводов 3750 м в соответствии с гидравлическим расчетом мы видим существенную разницу между диаметрами газопроводов в каждой схеме. Для сравнения вариантов примем схему 3 как наиболее экономичную, ее стоимость возьмем за единицу (100 %). Тогда стоимость систем по схемам 1 и 2 будет равна значениям, указанным в табл. 2. В результате проведения сравнительного анализа стоимости строительства по каждой из схем составлена в табл. 2.

Таблица 2. Значения показателей по сравниваемым вариантам

| Показатели, % | Схема 1 | Схема 2 | Схема 3 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| Стоимость материалов | 146 | 137 | 100 |
| Стоимость строительно-монтажных работ | 235 | 179 | 100 |
| Всего с НДС и затратами | 141 | 115 | 100 |

Капитальные вложения в газовые сети можно значительно снизить, если проектировать их на более высокое давление. Основным резервом снижения стоимости городских газовых сетей является перевод наружных сетей с низкого давления (СНД) на среднее (ССД).

Список использованных источников:

1. Классификация газопроводов по давлению [электронный ресурс] / режим доступа: <https://gidrotgv.ru/klassifikaciya-gazoprovodov-po-davleniyu/>. – дата доступа: 04.03.2021г.
2. Домовой газорегуляторный пункт [электронный ресурс] / режим доступа: <http://gks64.ru/drp.php>. – дата доступа: 04.03.2021г.
3. Комина, Г. П., Прошутинский, А. О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция / Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 148 с.

Огиевич Н.В.

СТОИМОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ БОЛЬШИХ ПОМЕЩЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Рассмотрим помещение объемом 469,4 м³ и площадью 117,4 м² со свободной планировкой рассчитанное на 40 человек. С целью поддержания заданного микроклимата в рабочем помещении в программе Autodesk Revit была запроектирована система кондиционирования (рисунок 1), в состав которой входят: воздухопроводы, воздухораспределители приточные и вытяжные, приточно-вытяжная установка.

Расчётное помещение имеет категорию 3а — помещение с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды [1].

Расчетные параметры внутреннего воздуха в гражданских зданиях устанавливаются чаще всего из санитарно-гигиенических и реже их технологических требований в зависимости от назначения помещения и уровня требований к метеорологической обстановке в помещении. В качестве расчетных параметров наружного воздуха при проектировании СКВ температура и энтальпия принимаются по Приложению Е в соответствии с п. 5.14 [2].

Таблица 1. Расчётные параметры наружного воздуха

| Период года | Категория помещения | Температура воздуха, °С | Удельная энтальпия, кДж/кг | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| ХП | 3а | -26 | -24,9 | 3,6 |
| ТП | | 25 | 51,0 | 2,8 |

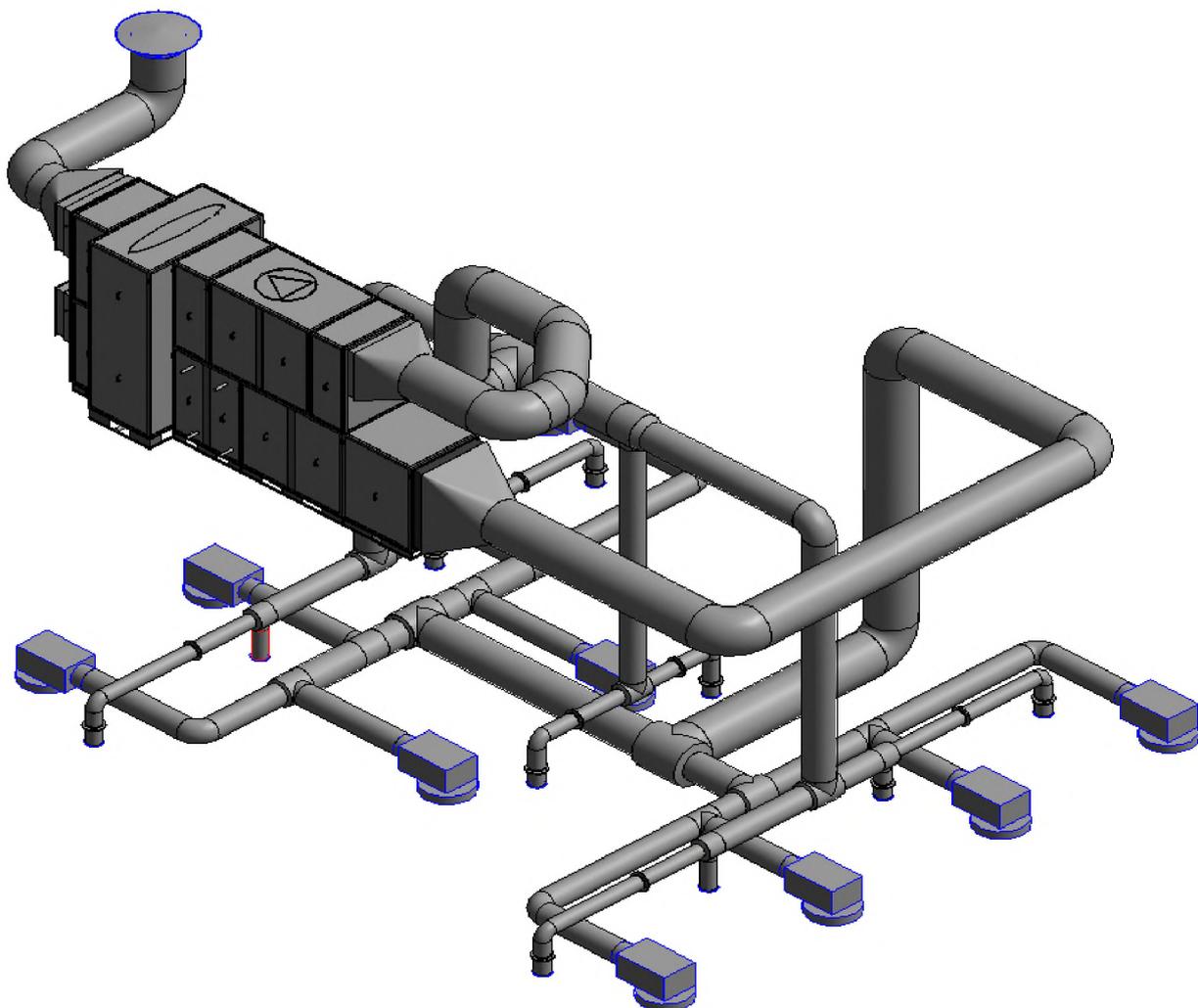


Рисунок 1. Модель приточно-вытяжной системы кондиционирования

По расходам приточного и удаляемого воздуха в программе WinClim был подобран центральный кондиционер типа PR060. Состав секции установки представлен на рисунке 2. Стоимость установки составляет 23655 евро.

Стоимость приточного вентилятора составляет 2579 евро, вытяжного – 2474 евро.

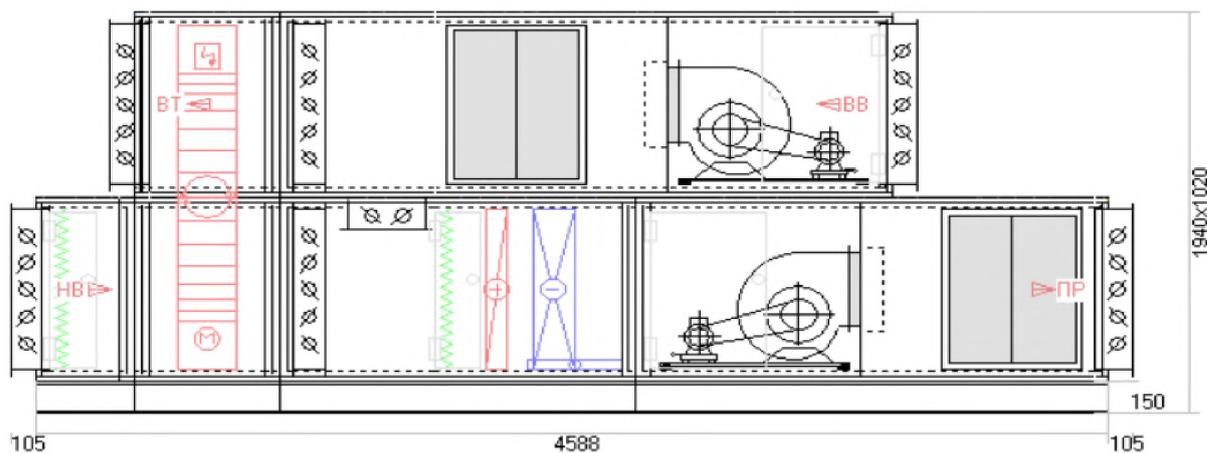


Рисунок 2. Приточно-вытяжная установка

Таблица 2. Расчётные параметры внутреннего воздуха.

| Период года | Категория помещения | Температура воздуха, °С | Удельная энтальпия, кДж/кг | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| ХП | 3а | 20 | 30 | 0,2 |
| ТП | | 25 | 60 | 0,3 |

Расчет стоимости воздуховодов вытяжной и приточной систем сведен в таблицу 3.

Таблица 3. Стоимость воздуховодов

| Помещение | Материал | Длина, м. | Дв, мм | F, м ² | Стоимость за 1 м ² | Стоимость, Вт | |
|-----------|-----------------------|---------------------|--------|-------------------|-------------------------------|---------------|----------------|
| Офис | Стальные оцинкованные | Приток | | | | | |
| | | 19,00 | 315 | 20,89 | 10.18 | 212,66 | |
| | | 2,90 | 400 | 3,64 | 15.71 | 57,18 | |
| | | 3,46 | 500 | 4,35 | 26,43 | 114,97 | |
| | | 17,75 | 630 | 35,13 | 31,21 | 1124,6 | |
| | | Сумма: | | | | | 1509,41 |
| | | Вытяжка | | | | | |
| | | 11,3 | 200 | 7,10 | 6,81 | 48,35 | |
| | | 7,90 | 315 | 7,82 | 10.18 | 79,64 | |
| | | 11,4 | 400 | 14,33 | 15.71 | 255,12 | |
| | | 1,20 | 500 | 1,88 | 26,43 | 49,66 | |
| | | 3,61 | 630 | 7,13 | 31,21 | 228,48 | |
| | | Сумма: | | | | | 661,25 |
| | | Общая сумма: | | | | | 2170,66 |

Воздухораспределители приточные были подобраны в программе Swegon, а вытяжные в программе Arctos. Расчет стоимости сведен в таблицу 4.

Таблица 4. Стоимость воздухораспределителей.

| Тип воздухораспределителя | Название | Количество | Стоимость за 1, Вт | Стоимость, Вт |
|---------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|---------------|
| Приток | EAGLE Da 400-Ro+Alsc315-400 | 10 | 208,30 | 2083,0 |
| Вытяжка | ДПУ-М 200 | 10 | 15.23 | 152.30 |

Стоимость монтажа системы кондиционирования посчитана в программе Smeta-OnLine — 5774 Вт.

В результате общая стоимость системы кондиционирования воздуха помещения с большим объемом составляет 83037,36 Вт.

Список использованных источников:

1. Методические указания, Часть 1 «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», 2020 г. – Янчилин П.Ф.
2. СН 4.02.01-03-2019. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Чубрик А.Н. Степанюк А.В. Огиевич Н.В.

РАЗНОВИДНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Новосельцев В.Г. к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

В зависимости от различных особенностей конструкции отопительные приборы обладают разными характеристиками. Главным при их установке является правильный подбор нужной модели, оптимально подходящей для конкретного случая. Оптимальный вариант лучше подбирать, учитывая особенности здания, условия эксплуатации, соблюдая все требования, предъявляемые к отопительным приборам, а также учитывая возможность их установки. Рассмотрим их различные типы и определим достоинства и недостатки.

Масляные радиаторы. Очень хороши для обогрева частного дома или квартиры масляные обогреватели, представляющие собой достаточно мобильные батареи, заполненные внутри минеральным маслом. Нагрев поверхности батареи происходит за счет нагревания масла, с помощью нагревательных элементов (подключены 1 или 2 ТЭНа). Такие радиаторы состоят из нескольких секций, и чем их больше, тем больше тепла отдает такая батарея.

Достоинства: наличие термостата, комплектация таймером (в большинстве современных моделей), относительно невысокая стоимость, мобильность (их можно свободно передвигать по комнате или в другие помещения), возможность работать некоторое время без потребления электричества (за счет уже нагретого масла, которое очень медленно остывает), что может давать ощутимую экономию.

Недостатки: долгое нагревание (компенсируется медленным остыванием), немалые габариты и вес устройства, сильное нагревание поверхности корпуса (большинство моделей снабжены специальным защитным кожухом).

Конвекционные обогреватели. Работа таких приборов основана на принципе конвекции. В нижнюю решетку конвектора входит холодный воздух и, хорошо нагреваясь ТЭНом, выходит сквозь верхнюю решетку прибора и поднимается к потолку. Затем, прогревая стены и потолок и тем самым охлаждаясь, воздух опять спускается вниз и проходит сквозь нижнюю решетку для последующего нагрева. Конвекторные установки разделяются *по типу монтажа*: напольные, настенные, потолочные, встраиваемые; *по типу нагревания*: водяные, электрические, газовые; *по типу циркуляции*: естественная, принудительная (со встроенным вентилятором).

Достоинства: бесшумность в работе, температура корпуса обычно не выше 60-65°C, встроенный термостат, встроенная аварийная защита от перегрева.

Недостаток: иногда требуют специальный монтаж (особенно для водяных и газовых), подразумевающий установку котла, проводку труб.

Инфракрасные обогревающие установки. Данные виды электрических обогревателей содержат внутри корпуса специальные лампы, которые способны излучать длинноволновые инфракрасные лучи, незаметные для человеческого глаза. От них, как и от солнца, нагреваются все объекты в помещении (полы, стены, мебель), а затем уже воздух. По своему исполнению эти обогреватели бывают: потолочные, настенные, напольные. Устанавливать их можно не только в жилых комнатах, но и при необходимости на балконах, террасах, оранжереях и т.д.



Рисунок 1 – Инфракрасная обогревающая установка.

Достоинства: бесшумность в работе, экономное потребление электроэнергии, способность обогревать, не поднимая пыли в воздух, устройства не пересушивают воздух и не жгут кислород, равномерное прогревание воздуха во всем помещении, при включении прибора помещение начинает прогреваться мгновенно.

Недостаток: высокая стоимость.

Тепловентиляторы. Самыми доступными по цене и простыми в использовании считаются тепловые вентиляторы, которые обычно бывают настольными или напольными. При прохождении воздуха сквозь нагревательные элементы прибора обеспечивается быстрый прогрев любого помещения. Нагревательные элементы в тепловентиляторе выполняют в виде:

- 1) Электрической открытой спирали с температурой до 800°C .
- 2) Электрического нагревателя в форме трубки с температурой свыше 200°C .
- 3) Плиток керамических, имеющих температуру до 200°C .

Достоинства: обеспечивают более чистую подачу воздуха, без выброса продуктов сгорания, невысокая стоимость, лёгкость в переноске, быстро нагревают помещение до нужной температуры, наличие термостата.

Недостатки: шум, способны поднимать пыль в помещении.

Электрические камины. Такой формат обогревателей больше выбирают из-за его внешнего вида, чем по техническим характеристикам. Электрокамин вписывают в интерьер, добавляя ему классическое звучание и уют. Между тем такой прибор отлично справляется со своей главной задачей — обогрев помещения. Электрокамины по внешнему виду и типу установки могут быть: угловыми, островными, встраиваемыми, подвесными и мобильными. Конструктивно электрокамины состоят из *следующих узлов*:

- 1) Непосредственно обогреватель. Нагревательные элементы располагаются в верхней части фронтальной панели.
- 2) Приточная вентиляция. Ее задача — обеспечить циркуляцию воздуха: к нагревателю для подогрева (параллельно идет охлаждение прибора, чтобы избежать его аварийного отключения от перегрева) и обратно в комнату.
- 3) Датчик температуры и автоматика управления.

Достоинства: не требует монтажа и инженерных коммуникаций, не нуждается в чистке и специальном обслуживании, привлекательный внешний вид каминов, хороший выбор дизайнов позволяет подобрать модель, которая впишется в интерьер любого стиля, электрокамин может быть установлен как основной источник тепла в помещении.

Недостатки: большой расход электроэнергии (в среднем 2 кВт в час в период нагрева), необходимость проводки для высокой нагрузки, при работающем камине влажность воздуха минимальна (за пределами здоровых величин), кислород выгорает.

Монолитные кварцевые обогреватели. Кварцевый обогреватель представляет собой плиту из кварца и мраморной крошки. Оба материала инертны в

отношении тепла. Внутри панели находится нагревательный элемент, который сам нагревается до 120 градусов, а вот плита от него нагревается медленно и только до 65 градусов. И так же медленно отдает тепло в помещение. Обогреватель, по сути, аккумулирует тепло внутри «каменной» панели.

Достоинства: обогреватель работает в активном режиме недолго, а затем отдает тепло, сохраненное кварцем, лёгкая установка, не сушит воздух и не сжигает кислород, подходит для комнат с повышенной влажностью (не имеет открытых участков электроцепи), температура поверхности не превышает 60-65 градусов, стоит такой прибор относительно недорого, есть автоматика (термостат), пожаробезопасен.

Недостаток: используемые материалы – расплав кварца и мраморная крошка – очень тяжелые. Такой прибор весит от 15 кг (небольшой прибор на 1 кВт).

Галогенные обогреватели

По принципу действия галогенные обогреватели похожи на инфракрасные. Технически отличаются тем, что нагревательный элемент – вольфрамовая нить, заключена в колбу с инертным газом. Газ не дает вольфраму проявить химическую активность.

Достоинства: эти приборы экономичнее масляных обогревателей и электрокаминов, легко переносятся, быстрый выход на рабочую температуру, у многих приборов есть возможность менять направление потока теплого воздуха благодаря вращающейся стойке.

Недостатки: тепло от него распространяется на небольшую площадь, нагревательный элемент излучает яркий и неприятный свет, в темноте он смотрится очень контрастно, галогенная трубка хрупкая, при постоянном использовании прибора ее приходится часто менять.

Микатермические обогреватели. Микатермические обогреватели появились на рынке бытовых приборов недавно. Это подтип инфракрасных обогревателей, разработанных на основе инновационных технологий. Считается, что прибор имеет лучшее КПД среди всех отопительных устройств за счет того, что сам он не греется, а волной тепла передает энергию тем предметам, которые находятся в радиусе действия. Нагревательным элементом является специальная сетка (произведенная по уникальной технологии Micatherm) из никеля, покрытая с двух сторон пластинами из слюды. В итоге внутри обогревателя находится технологичный сэндвич. Такое сочетание технологий и материалов обеспечивает прочность конструкции, высокую эффективность нагрева и распространения тепловой волны.

Достоинства: экономичность (расход энергии на четверть меньше, чем у классического обогревателя), сохранение комфортного микроклимата, безопасность (сам прибор не греется, об него невозможно обжечься).

Недостатки: прибор чувствителен к нагрузкам (если посушить на нем белье – это может привести к выходу из строя), обогреватель не подходит на роль основного и единственного отопительного прибора в помещении.



Рисунок 2 – Микатермический обогреватель.

Все электрические приборы, применяемые в случае невозможности установки водяной системы отопления, имеют разные особенности и характеристики – от мощности до принципов генерирования тепла. При этом главными недостатками любого такого оборудования являются высокая стоимость эксплуатации и необходимость устройства электросети, способной выдержать большие нагрузки. Так же необходимо учитывать тот факт, что все эти приборы энергозависимы. В случае прекращения подачи электроэнергии — все приборы прекратят свою работу.

Список использованных источников:

1. <https://tehnika.expert> – Портал о бытовой технике [Электронный ресурс] / Режим доступа:.. – Дата доступа: 10.03.2021.
2. <https://remont-system.ru> – Эксперт по строительным коммуникациям [Электронный ресурс] / Режим доступа:.. – Дата доступа: 10.03.2021.
3. <https://sovet-ingenera.com> – Интернет-энциклопедия об обустройстве сетей инженерно-технического обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа:.. – Дата доступа: 10.03.2021.

Джейгало В.В., Жук В.Г.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ОГРАЖДЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Новосельцева Д.В., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В данной работе сравнивается энергоэффективность эксплуатации зданий, построенных до 1992 года и после. Цель исследования – выявить, насколько велика разница потребления тепловой энергии, а следовательно затрат на отопление, домами старой постройки и настоящего времени. А также будет ли экономически выгодно увеличить коэффициент термического сопротивления ограждающих конструкций.

Объектом исследования является многоквартирный 7-этажный жилой дом в городе Горки. Общая площадь дома 3452м² (рисунок 1).

Мы произвели расчёт теплопотерь для трёх условий. Продолжительность отопительного сезона по данным СНБ 2.04.02-2000 составила 205 дней. В качестве наружной температуры воздуха приняли не температуру наиболее холодной пятидневки (–26°С), а среднюю за отопительный период (–1.8°С). Система отопления проектируется так, чтобы обеспечить комфортные условия при максимально холодной температуре. Мы же рассчитали затраты теплоты на отопление, которые дом потерял в действительности. Расчёт теплопотерь был произведен по формуле (1):

$$Q_o = \sum Q + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}} * (1 - \eta), \text{Вт} \quad (1)$$

В таблице 1 сведены значения термического сопротивления R для трех случаев: нормы до 1992 года, после 1992 года и увеличенные на 20% от существующих.

Исходя из таблицы 1 рассчитали теплопотери дома за отопительный период и перевели их в денежный эквивалент, а также вывели экономию (см. таблицу 2).

На 2021 год стоимость 1 Гкал – 20,6216 руб. по субсидированному тарифу.

Таблица 1. Значения термического сопротивления.

| Данные | До 1992: | После 1992: | +20% |
|----------------------|----------|-------------|------|
| Наружная стена | 2 | 3,3 | 3,96 |
| Окно | 0,6 | 1 | 1,2 |
| Пол | 2,5 | 2,6 | 3,12 |
| Чердачное перекрытие | 3 | 6,4 | 7,68 |

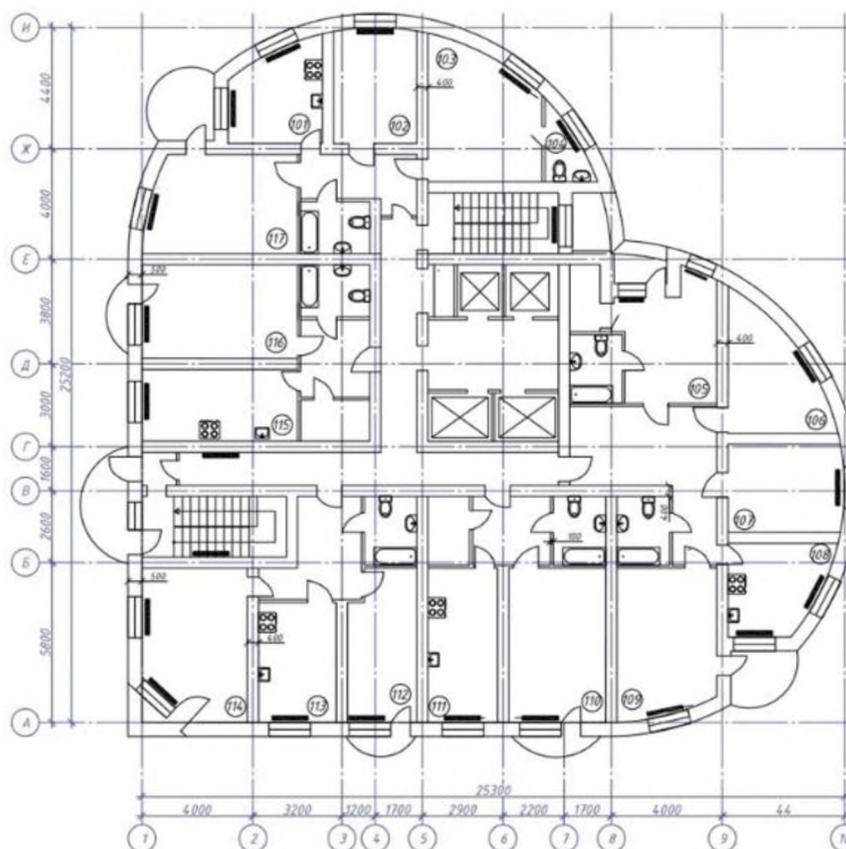


Рисунок 1 – План типового этажа

Таблица 2. Итоговые данные.

| Данные | Теплопотери за отопительный период, Гкал | Денежные затраты на отопление всего дома, бел.руб | Денежные затраты на отопление 1 м ² , бел.руб | Экономия, % |
|----------------------|--|---|--|-------------|
| До 1992 года | 238 | 4907 | 10 | 0 |
| После 1992 года | 204 | 4211 | 8,5 | 14 |
| После 1992 года +20% | 194 | 4001 | 8,1 | 5 |

На основании полученных данных можно сделать вывод, что чем больше мы утепляем здание, тем меньше экономии получаем. Поэтому жильцам старых домов будет целесообразнее едино разово потратить деньги на утепление, чем переплачивать каждый год за отопление. А вот о целесообразности дальнейшего утепления зданий на основании данных расчетов сказать сложно. В каждом конкретном случае надо сравнивать затраты на утеплитель и возможную экономию.

Список использованных источников:

1. СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология. — Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2007. — 35с.
2. Методические указания «Отопление и вентиляция жилого дома». — УО «Брестский государственный технический университет», 2019. — 58с.
3. <https://myfin.by/> — финансовый портал РБ.

Смирнова Ю.А.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕКУЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ ЗАМЕНЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТИПА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Ключева Е.В. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

По принципу работы системы отопления воздухом делятся на три типа:

- прямоточная система,
- система с частичной рециркуляцией,
- рециркуляционная система.

Отопление воздухом с частичной рециркуляцией устраивается с механическим побуждением движения воздуха и является наиболее гибкой. Такая система может действовать в различных режимах; в помещениях помимо частичной могут осуществляться полная замена, а также полная рециркуляция воздуха.

Энергия, потребляемая для производства сжатого воздуха, почти полностью преобразуется в тепло. Это высокий потенциал для сбережения энергии. Так, например, одной станции сжатого воздуха с потребляемой мощностью 75 кВт в течение 4 000 часов работы потребуется примерно 300 000 кВт/ч электроэнергии ежегодно [3].

Использовать эту энергию можно в следующих формах:

- теплый воздух для дополнительного обогрева помещений;
- теплая вода для поддержки центрального отопления;
- теплая вода для промышленной воды.

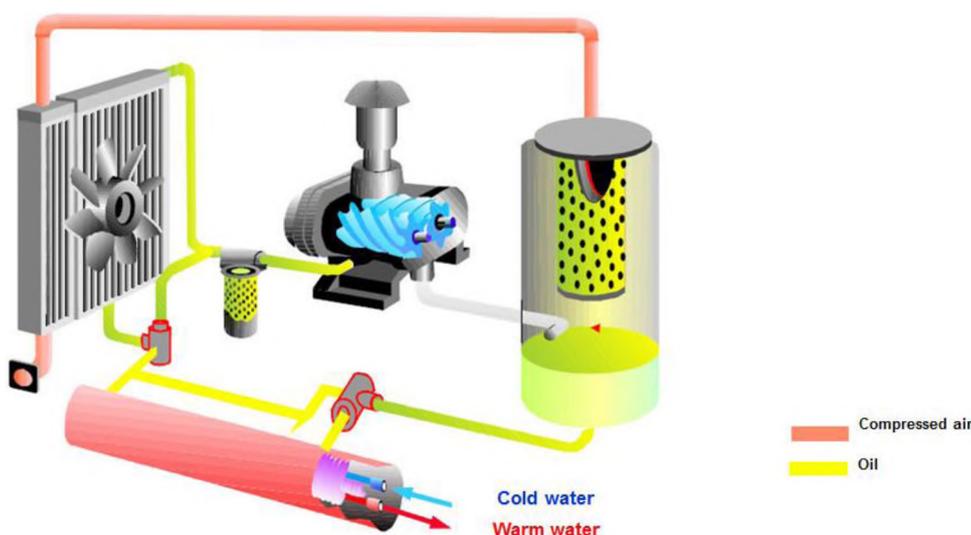


Рисунок 1 – Принцип действия системы отопления с рециркуляцией воздуха.

Горячий воздух для обогрева помещения

Нагретый охлаждающий воздух используется для обогрева помещения через систему воздуховодов. Клапаны с контролем температуры обеспечивают регулируемую температуру в помещении. Зимой тепло от отработанного воздуха

используется полностью или частично для целей отопления. Летом оно выдувается в воздух через вытяжной канал.

Горячая вода для поддержки центрального отопления

Для производства горячей воды используются пластинчатые теплообменники. Отопительная вода проходит через «пластины» в закрытом корпусе. Горячее компрессорное масло течет между пластинами и корпусом и подает свою тепловую энергию в горячую воду. Допустимая температура горячей воды: до 70°C.

Тепло для сервисной и технологической воды

Процесс регенерации тепла такой же, как и для нагрева воды. Для предотвращения проникновения масла в рабочую воду используются кожухотрубные теплообменники. Допустимая температура рабочей воды: до 70°C.

В настоящее время в производственном корпусе установлены газовые воздухонагреватели ТСО-450, технические характеристики которых представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1. Технические данные воздухонагревателя газового ТСО 450.

| Описание | Единица изм. | ТСО 450 |
|-------------------------------|-------------------|----------------------------|
| Номинальная тепловая мощность | кВт | 523,0 |
| Номинальная тепловая нагрузка | кВт | 590,0 |
| Поток подогретого воздуха | м ³ /ч | 34500 |
| Статическое давление | Па | 750 |
| Электрическое подключение | В/Гц | 230/50 |
| Установленная мощность | кВт | 3,5 |
| Наличие драгоценных металлов | - | Нет |
| Габаритные размеры (Д*Ш*В) | - | 3500*3170*1340 |
| Вес | кг | 632 |
| Рабочая среда | | Природный газ по ГОСТ 5542 |

Произведем расчет технико-экономического обоснования, основываясь на предположении, что весь поток подогретого воздуха будет циркулировать через рекуператор.

Согласно существующему плану, в производственном корпусе установлены 8 воздухонагревателей, поток подогретого воздуха которых $Q = 34\,500\text{ м}^3/\text{ч}$. Общий поток подогретого воздуха составит $Q_{\text{общ}} = 276\,000\text{ м}^3/\text{ч}$.

Количество тепла, которое можно извлечь из уходящего теплого воздуха, рассчитаем по формуле:

$$Q_{\text{выбр}} = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1), \text{ где}$$

c – теплоемкость воздуха, $c = 1\,005\text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

m – масса воздуха, $m = 334\,804\text{ кг}/\text{ч}$;

t_2 – температура наружного воздуха, $t_2 = 18^\circ\text{C}$;

t_1 – температура внутреннего воздуха, $t_1 = 0,1^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{выбр}} = 1\,005 \cdot 334\,804 \cdot (18 - 0,1) = 6\,022\,958\,784\text{ Дж}/\text{ч}.$$

Общее количество тепла, вырабатываемое в год, учитывая, что в г. Брест продолжительность отопительного периода составляет 186 дней [1], составит:

$$Q_{\text{выбр}}^{\text{год}} = 6\,022\,958\,784 \cdot 24 \cdot 186 = 26\,886\,488\,010\text{ Дж}.$$

Переведем количество тепла в объем природного газа, пользуясь соотношением: 1 м^3 природного газа – $37\,000\,000\text{ Дж}$

Следовательно, для выработки такого количества энергии необходимо $726\,662\text{ м}^3$ природного газа в год.

Стоимость 1 м³ природного газа с учетом ЭДС составляет 0,786 бел. руб. Общая стоимость необходимого природного газа - 571 156 бел. руб.

Подбор газовых воздухонагревателей рекуперативного типа осуществляется по статическому давлению, равному 750 Па, общему потоку воздуха, равному 276 00 м³/ч, и номинальной тепловой мощности, равной 523 кВт (из таблицы 1).

Занесем в таблицу 2 технические характеристики возможных газовых воздухонагревателей фирмы «Тепловей».

Таблица 2. Технические данные возможных газовых воздухонагревателей рекуперативного типа.

| Модель | T-350 | T-450 |
|--|----------------|----------------|
| Номинальная теплопроизводительность, кВт | 260-435 | 340-560 |
| Максимальный расход топлива, м3/ч | 41,8 | 53,8 |
| Электропитание | 380/3/50 | |
| КПД не менее, % | 90 | |
| Производительность по воздуху, м3/ч | 15000-35000 | 19285-45000 |
| Напор на выходе, Па | 200-1800 | |
| Габаритные размеры (L*В*Н), мм | 1555*2380*2082 | 2450*1340*2000 |
| Масса, кг | 1100 | 1170 |

Для определения наиболее подходящей модели построим примерный график (из-за отсутствия характеристики используемого в воздухонагревателях вентилятора нет возможности построить достоверный график) и определим рабочую точку нового оборудования.

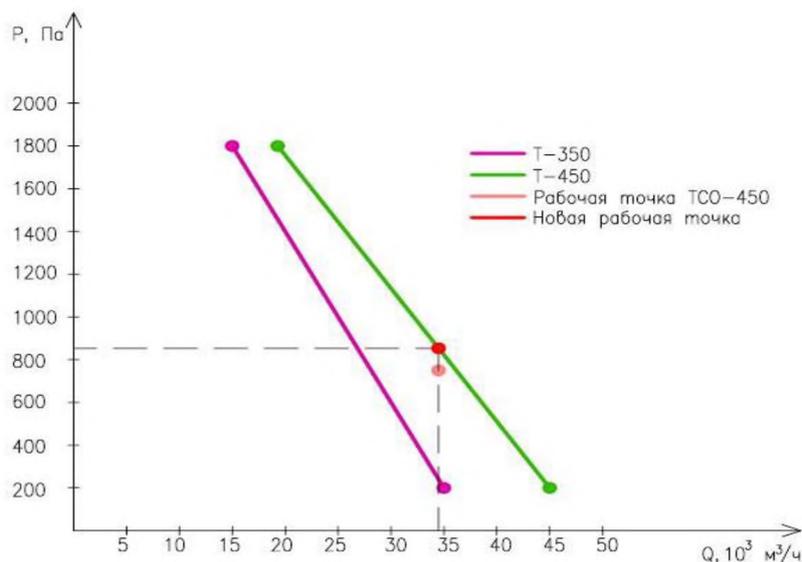


Рисунок 2 – Характеристика воздухонагревателей рекуперативного типа

Исходя из графика, выбираем модель T-450 с центробежным вентилятором с характеристиками в рабочей точке : Q = 34 500 м³/ч и P = 850 Па.

Стоимость данного рекуператора составляет 1 800 000 руб с НДС, а это 59 742 бел.руб. Для отопления производственного корпуса необходимо 8 таких воздухонагревателей. Таким образом, общая стоимость нового оборудования составит 477 936 бел. руб.

Сроком окупаемости замены оборудования является отношение стоимости нового оборудования к стоимости природного газа, которое необходимо на обслуживание существующего оборудования:

$$T = \frac{477\,936}{571\,156} = 0,837 \text{ года}$$

Таким образом, спустя 10 месяцев, предприятие не только полностью окупит приобретение нового оборудования, но и сможет экономить на уменьшении количества природного газа, необходимого для обслуживания всего предприятия.

Как универсальный показатель срок окупаемости используется при выборе наилучших вариантов проектных и технических решений. В современных условиях определение срока окупаемости является одним из наиболее быстрых и простых способов определения инвестиционной привлекательности проектов.

Список использованных источников:

1. СНиП 23-01-99 Строительная климатология – 2000. – 25 с;
2. Паспорт воздухонагревателя газового ТСО-450, 2013;
3. Каталог продукции «Тепловей», 2015;
4. <http://bts.net.by> – Лучшие технические решения.

Петручик М.М.

ВЫБОР ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ТОРГОВОГО ОБЪЕКТА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Современные центральные кондиционеры выпускаются в секционном исполнении и состоят из унифицированных типовых секций, предназначенных для очистки, регулирования, смешения, нагревания, охлаждения, осушки, увлажнения и перемещения воздуха. Центральные кондиционеры, работающие с рециркуляцией, комплектуются смесительной камерой, позволяющей подавать переменные объемы наружного и рециркуляционного воздуха. Выбор той или иной компоновки зависит от многих факторов, в первую очередь, от назначения и режима использования помещений, конструктивных особенностей здания, а также от санитарно-гигиенических, эксплуатационных и экономических требований.

Вопрос выбора принципиальной схемы обработки воздуха может быть решен в ходе построения на I-d диаграмме процессов обработки воздуха в кондиционере. Диаграмма влажного воздуха дает графическое представление о связи параметров влажного воздуха и является основной для определения параметров состояния воздуха и расчета процессов тепловлажностной обработки. При построении процессов на i-d диаграмме и выборе технологической схемы обработки воздуха необходимо стремиться к рациональному использованию энергии, обеспечивая экономное расходование холода, теплоты, электроэнергии, а также экономию строительной площадки, занимаемой оборудованием. С этой целью необходимо проанализировать возможность применения прямого и косвенного испарительного охлаждения воздуха, применять схемы с регенерацией теплоты удаляемого воздуха, при необходимости использовать первую и вторую рециркуляцию воздуха, схемы с байпасом, а также управляемые процессы.

Параметры воздуха представлены характерными точками процессов: точка Н – параметры наружного воздуха; точка П – параметры приточного воздуха; точка В – параметры воздуха в обслуживаемой зоне помещения; точка У – параметры уходящего воздуха.

Определение количества теплоты, затрачиваемое на нагрев воздуха либо на его охлаждение; количество влаги, затрачиваемое на увлажнение либо осушение воздуха, считается по следующим формулами:

$$Q = (I_k - I_n) \cdot G_p, \quad \text{кДж/ч}$$

I_k и I_n – конечное и начальное теплосодержание, кДж/кг;

G_p – расчетная величина воздухообмена в помещении, кг/ч

$$W = \frac{\Delta d}{1000} \cdot G_p, \quad \text{кг/ч}$$

где Δd – разность влагосодержаний, г/кг;

G_p – расчетная величина воздухообмена в помещении, кг/ч

Рассмотрим несколько процессов для теплого периода:

1. Прямоточный процесс с фреоновым охладителем и пароувлажнителем (рис.1, рис.2).

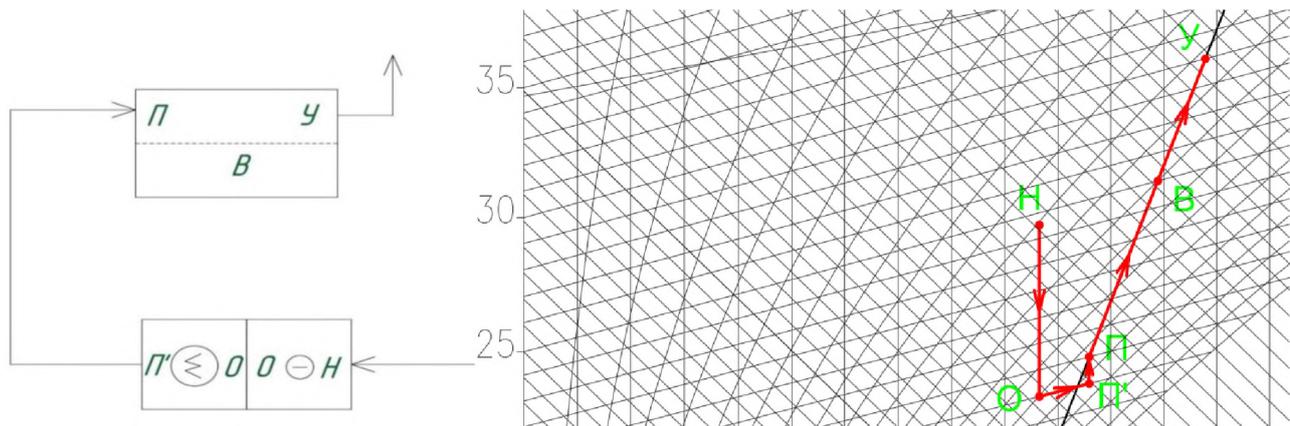


Рисунок.1, 2. Принципиальная схема установки. Прямоточный процесс обработки воздуха в теплый период года

2. Процесс обработки воздуха с байпасом и пароувлажнителем в тёплый период (рис.3, рис.4).

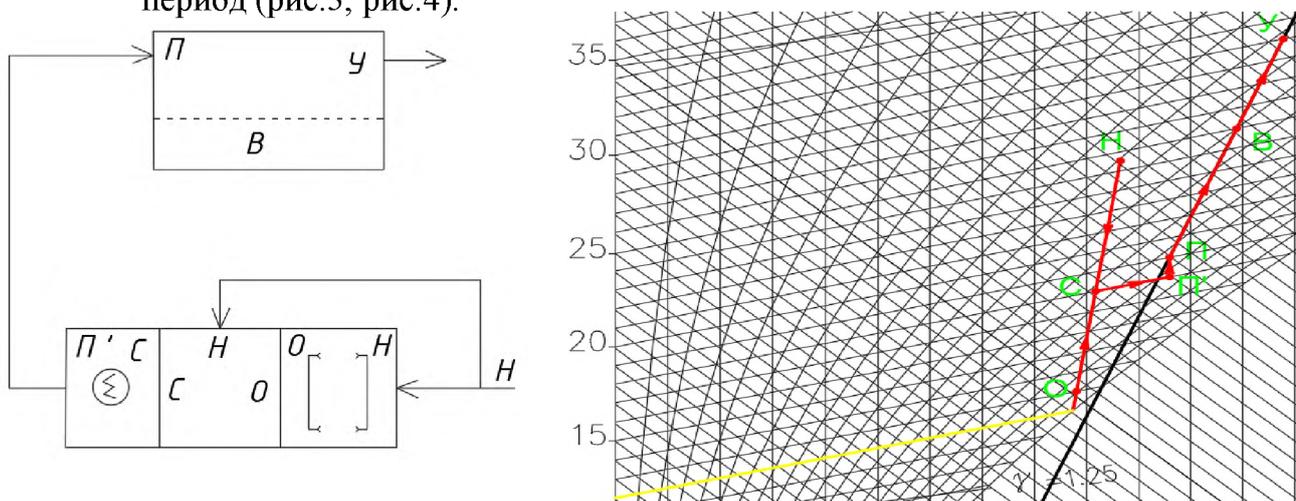


Рисунок.3, 4. Принципиальная схема. Прямоточный процесс обработки воздуха

3. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и охладителем (рис.5, рис.6).

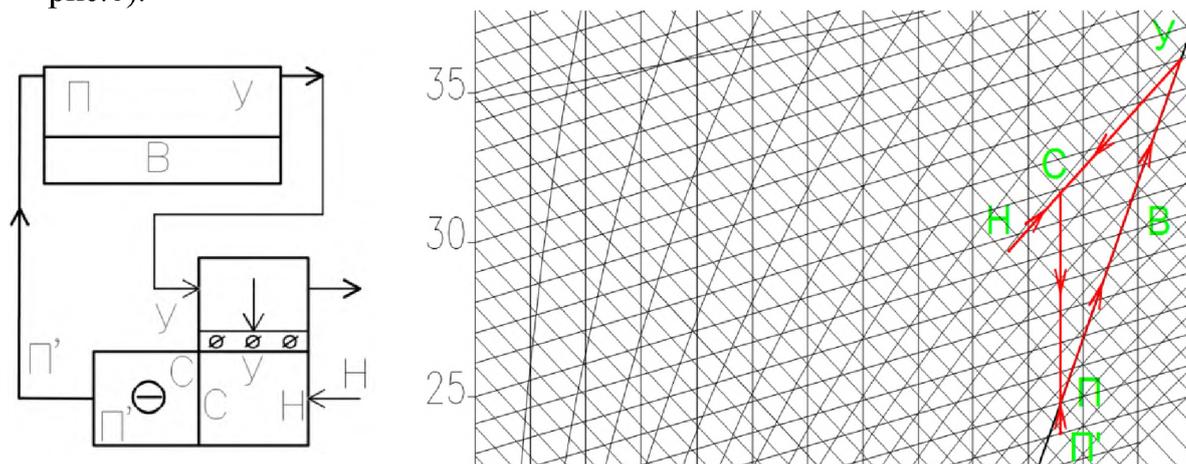


Рис.5,6. Принципиальная схема установки. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией в теплое время года

Сведем все основные характеристики в таблицу 1

Таблица 1. Характеристика процессов изменения состояния воздуха в ТП.

| Процесс обработки воздуха | Наименование требуемых секций кондиционера | Количество подаваемого/забираемого тепла, кДж/ч | Количество подаваемой/забираемой влаги, кг/ч | Количество смешиваемого рециркуляционного воздуха, кг/ч |
|--|---|---|--|---|
| 1. Охлаждение с парувлажителем | 1. Парувлажнитель 2. Фреоновый воздухоохладитель | 163774,8 (45,5 кВт) | 26,9 | Не требуется |
| 2. Процесс с байпасной линией и парувлажителем | 1. Камера орошения 2. Парувлажнитель | 339771,6 (94,4 кВт) | 34,2 | Не требуется |
| 3. Обработка воздуха с первой рециркуляцией | 1. Фреоновый воздухоохладитель | 195552 (54,32 кВт) | | 17084 кг/ч- удаляемого, 7360,1 кг/ч- наружного |

При выборе применяемого процесса для тёплого периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, предпочтительнее применять прямоточную систему и количество требуемых секций должно быть минимальным. По всем параметрам подходит процесс обработки воздуха охлаждение с парувлажнением.

Рассмотрим несколько процессов для холодного периода:

Таблица 2. Характеристика процессов изменения состояния воздуха в ХП.

| Процесс обработки воздуха | Наименование требуемых секций кондиционера | Количество подаваемого / забираемого тепла, кДж/ч | Количество подаваемой / забираемой влаги, кг/ч | Количество смешиваемого рециркуляционного воздуха |
|---|--|---|--|--|
| 1. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией | 1. Парувлажнитель 2. Калорифер | 19555,2 (5 кВт) | 9,8 | 19555,2 кг/ч- наружного, 4889 кг/ч- удаляемого |
| 2. Обработка воздуха с помощью пластинчатого рекуператора и первой рециркуляции | 1. Рекуператор пластинчатый 3. Парувлажнитель | 71868 (20 кВт) | 31,8 | 13444,2 кг/ч- наружного, 10999,8 кг/ч- удаляемого |

1. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией (рис.7, рис.8).

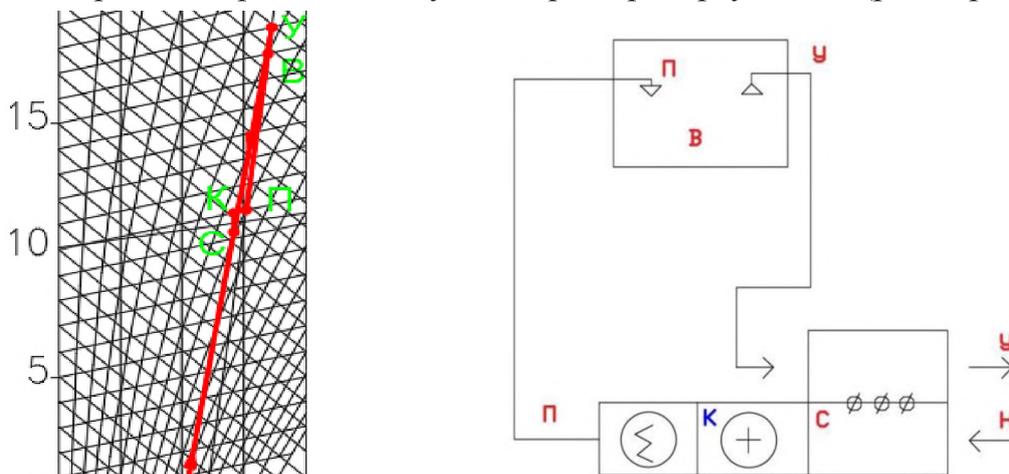


Рис.7. Принципиальная схема установки

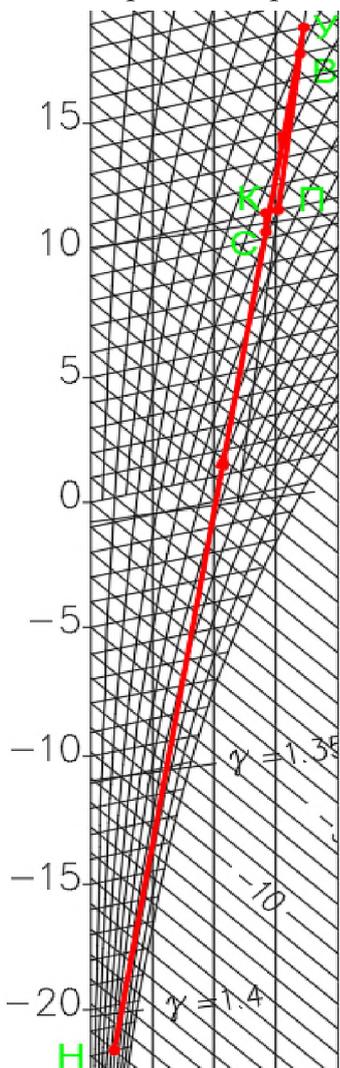


Рис.8. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией

2. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и пластинчатым рекуператором (рис.9, рис.10).

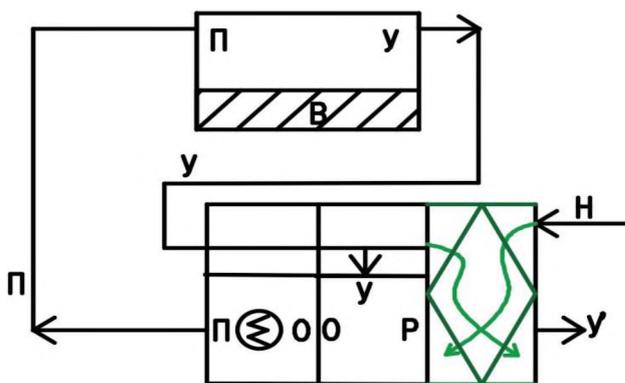


Рис.9. Принципиальная схема установки

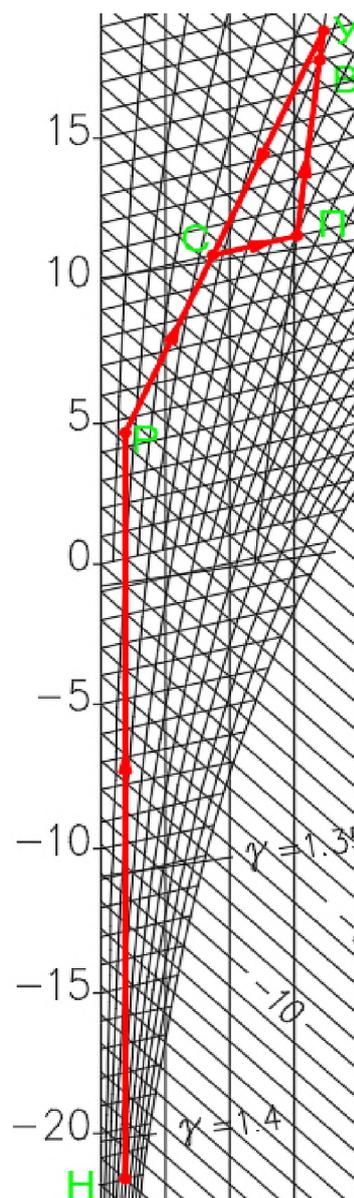


Рис.10. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и пластинчатым теплообменником

При выборе применяемого процесса для холодного периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, предпочтительнее применять прямоточную систему и количество требуемых секций должно быть минимальным. Подходящий процесс обработки с первой рециркуляцией. По выбранным процессам подбираем центральный кондиционер в программе WinClim II.

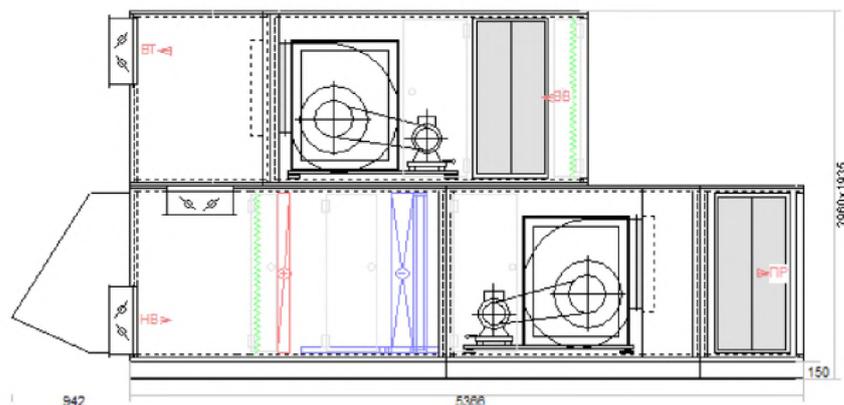


Рисунок 11. Центральный кондиционер.

Центральный кондиционер подобран с условием того, что выбраны процессы с наименьшими затратами тепла и воды, а также с наименьшим количеством требуемых секций. Центральный кондиционер состоит из пароувлажнителя, калорифера, фреонного воздухоохладителя. Правильно подобранный кондиционер позволит в дальнейшем сэкономить ресурсы.

Список использованных источников:

1. СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.
2. Методические указания, Часть 1 «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», 2020 г. – Янчилин П.Ф.

Огиевич Н.В. Степанюк А.В. Чубрик А.Н.

СРАВНЕНИЕ ГАЗОВОГО И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЧАСТНОГО ДОМА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Ключева Е.В. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Отопление — это искусственный обогрев помещений в холодный период года с целью возмещения в них теплопотерь и поддержания на заданном уровне температуры, отвечающей условиям теплового комфорта, а иногда и требованиям технологического процесса. Системы водяного отопления в сравнении с другими видами отопления имеют наиболее широкое применение в практике проектирования современных зданий различного назначения [1].

В большинстве индивидуальных домов установлено газовое отопление. Это обусловлено выгодной стоимостью газа. Но с запуском БелАЭС и ростом потребителей электроэнергии прогнозируется снижение тарифов на электричество. Для увеличения роста потребителей можно заменить газовые котлы на электрические, строить новое жилье полностью электрифицированным, без теплотрасс и газопроводов, а также переключать старое жилье на электричество после того, как истечет срок эксплуатации текущих теплосетей.

Рассмотрим для индивидуального дома с водяной системой отопления и установочной мощностью 7,5 кВт варианты газового и электрического отопления. При газовом отоплении все услуги должны быть заказаны у одного исполнителя. Это подготовка и получение проекта, земляные работы, прокладка труб, монтаж, и последующее сервисное обслуживание. Нужно грамотно подготовить место для котла, сам котел должен соответствовать площади дома, а также следует выбрать оптимальный размер дымохода. Следует учитывать, что газ — это достаточно взрывоопасная субстанция, следовательно, желательно иметь датчик газа. При электрическом водяном отоплении эти недостатки отсутствуют.

Сравним стоимости газового и электрического котлов от белорусских производителей.

Таблица 1. Стоимость котлов.

| Название котла | Макс. мощность, кВт | Стоимость, Вг |
|--|---------------------|---------------|
| Газовый двухконтурный котел VICTORY АОГВ 24ТМ | 24 | 1874,00 |
| Одноконтурный электрический котел Bosch Tronic Heat 3500 | 9 | 2100,00 |

Двухконтурный газовый котел отличается от одноконтурного электрического наличием дополнительного теплообменника для подготовки горячей воды (его иногда так и называют — теплообменник ГВС). Поэтому, для системы горячего водоснабжения при наличие электрического котла требуется дополнительно установить водоподогреватель Timberk Flumen SWH FSM9 50 V с максимальной мощностью 2 кВт. Его стоимость составляет 610,00 Вг. Следовательно, общая стоимость будет составляет 2710,00 Вг.

В настоящее время в Республике Беларусь тарифы на газ, по сравнению с электричеством, являются дешевыми. Тарифы на газ в Беларуси, как и на иные услуги ЖКХ устанавливает Совет Министров РБ. Данные тарифы периодически индексируются. С января 2021 года в стране установлены новые цены и тарифы на природный и сжиженный газ. Так, новый тариф вступил в силу после принятия постановления Совета Министров Республики Беларусь №795 от 31.12.2020 года [2].

Таблица 2. Стоимость одного кубического метра газа при наличии индивидуального прибора учета газа.

| | Единица измерения | Цена, бел. рублей |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| Отопительный период | | |
| С 1 января по 31 мая | 1 куб. метр | 0,1366 |
| С 1 июня по 31 декабря | 1 куб. метр | 0,1406 |
| Летний период | 1 куб. метр | 0,4840 |

Рассмотрим тарифы на электроэнергию для нужд отопления и горячего водоснабжения в жилом доме, не оборудованном в установленном порядке системами централизованного тепло- и газоснабжения, при наличии отдельного (дополнительного) прибора индивидуального учета расхода электрической энергии.

Таблица 3. Стоимость одного кубического метра газа при наличии индивидуального прибора учета газа.

| | Единица измерения | Цена, бел. рублей |
|------------------------|-------------------|-------------------|
| С 1 января по 31 мая | 1 кВт·ч | 0,0374 |
| С 1 июня по 31 декабря | 1 кВт·ч | 0,0398 |

Исходя из таблиц 2 и 3 выгоднее тарифы на газ.

Рассчитаем стоимость потребления газа и электроэнергии для индивидуального жилого дома с использованием счетчика. Расчет ведем с начала отопительного периода, т.е. с 8 октября 2020 года по 29 апреля 2021 года. В среднем каждый месяц потребляется 200 куб. м. газа. Исходя из таблицы 2 получаем следующее: за октябрь – декабрь стоимость составит 84,36 Вт; за январь-апрель – 109,28 Вт. Общая стоимость потребления газа за весь отопительный период составит 193,64 Вт. Рассчитаем стоимость потребления электроэнергии. Исходя из таблицы 3, получаем следующее: в среднем потребление электроэнергии за месяц выходит 1750 кВт, следовательно, за октябрь-декабрь стоимость составляет 208,95 Вт, а за январь-апрель – 261,80 Вт. Общая стоимость выходит 470,75 Вт.

В совокупности всех расчетов выяснилось, что газовое отопление дешевле электрического. В общем, стоимость за газовое оборудование и потребление газа за отопительный период составила 2067,64 Вт, а электрического – 3180,75 Вт. Разница составляет 1113,11 Вт.

Список использованных источников:

1. Покотиллов, В.В, Системы водяного отопления / В.В, Покотиллов. – Вена : «HERZ Armaturen», 2008. – 161 с.
2. Myfin.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://myfin.by>. – Дата доступа: 2021.

Лавринович А.Н., Шепетуха В.О.

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ПРИ НАЛИЧИИ В НИХ ВОЗДУШНЫХ ПРОБОК

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Воздух в системе водяного отопления (СВО) — это довольно частое явление в начале отопительного сезона. Даже в хорошо спроектированной и грамотно смонтированной системе могут возникать воздушные пробки. Они нарушают нормальную работу СВО, могут появляться как в системах центрального отопления так и индивидуального. Холодные стояки или отопительные приборы, шум в трубах — все это вызвано воздухом в системе отопления.

Причин появления воздуха в системе отопления может быть несколько:

- При проведении ремонта системы отопления необходимо слить воду, что и делают. В этот момент система заполняется воздухом. По окончании ремонта системы заполняют вновь, но воздух в ней остается.
- При замене отопительных приборов, как и при ремонте, сливают часть воды. При этом в систему попадает воздух.
- После ремонта или замены радиаторов необходимо правильно запустить систему отопления и удалить весь воздух. Работа эта длительная. Часто торопятся и нарушают технологию. После запуска, благодаря остаткам воздуха, нарушается работа системы отопления.
- Часто причиной появления воздуха становятся алюминиевые радиаторы отопления. Этот тип радиаторов склонен к газообразованию. Газы, образовавшиеся при коррозии радиатора, создают воздушную пробку.
- Коррозия труб системы отопления — это неизбежный процесс. При коррозии в теплоноситель выделяются различные газы, которые могут стать причиной воздушных пробок.
- В холодной воде содержится большое количество воздуха, который при нагревании высвобождается и образует воздушные пробки.
- Причиной завоздушивания системы отопления могут быть неправильно работающие клапаны автоматического сброса воздуха. Загрязненность теплоносителя может вызвать закупорку клапанов. В результате чего нарушится их работа и воздух не сможет выйти из системы [1].

В данной научной работе проводились опыты в лаборатории «Отопление» кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Стенд с отопительными приборами с однотрубным и двухтрубным подключением их в СВО был сначала опорожнен, а потом заново заполнен теплоносителем (водой). После этого, был включен нагреватель и циркуляционный насос системы. Через некоторое время система нагрелась и можно было проверить радиаторы на наличие воздушных пробок.

Для определения «степени прогретости» радиаторов использовался тепловизор. Результаты измерений представлены на фотографиях экрана прибора. В результате оказалось, что в каждом радиаторе образовалась воздушная пробка.



Рис. 1 Алюминиевый радиатор Gretta-500 на экране тепловизора

В алюминиевом радиаторе (рис.1) воздушная пробка оказалась сравнительно маленькой, 1/3 одной секции (из пяти).

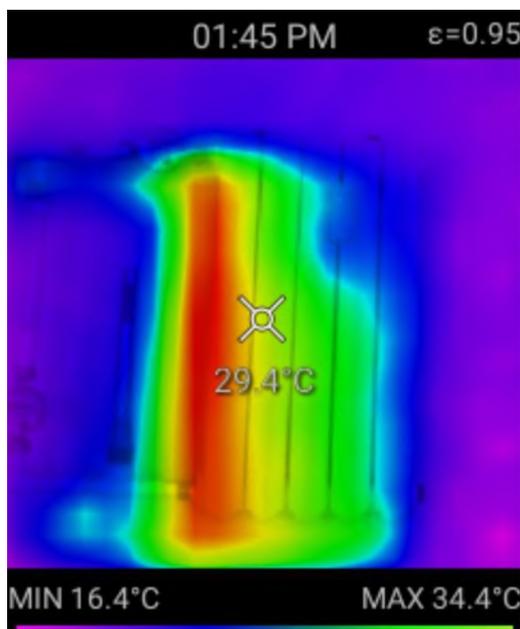


Рис. 2 Чугунный радиатор 2КП-90-500 на экране тепловизора

На рис.2 представлен снимок теплового излучения чугунного радиатора 2КП-90-500. Видно, что примерно 2/5 радиатора заполнено не теплоносителем, а воздухом.

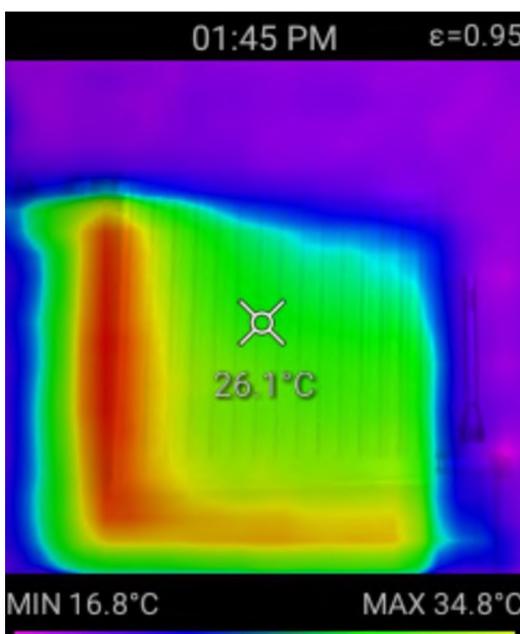


Рис. 3 Стальной панельный радиатор ЛК 22-505 на экране тепловизора

В стальном панельном радиаторе фирмы «Лидея» (рис.3) воздушная пробка образовалась в верхней части радиатора.

Те части обследуемых отопительных приборов, где собрался воздух, были холодными, следовательно, теплоотдача радиаторов была снижена. Именно по этой причине из системы отопления необходимо тщательно удалять воздух. Это можно сделать с помощью ручного воздухоотводчика, который находится на радиаторе, а так же установить автоматические воздухоотборники в самой СВО.

Список использованных источников:

1. <http://otoplenie-guide.ru/> Воздух в системе отопления: причины появления

Батурова А.В., Огиевич Н.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ СИСТЕМОЙ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ФИЗКУЛЬТУРНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Согласно расчёту определения воздухообмена в зале бассейна физкультурно-оздоровительного комплекса был принят следующий расчетный воздухообмен: $G_p = 14796$ кг/ч. Кондиционер выбирается по его полной производительности и комплектуется из отдельных секций.

Расчетная стоимость подобранной приточно-вытяжной установки центральной системы кондиционирования воздуха PR160 (Premi@ir 40 французской фирмы Airwell), составила 39061 Euro.

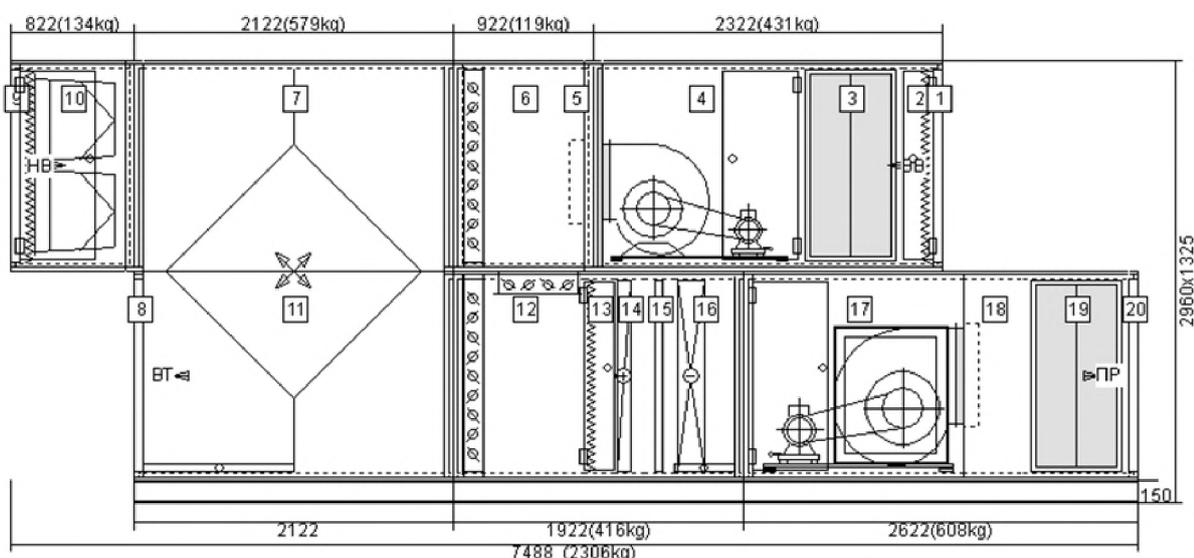


Рисунок 1 – Приточно-вытяжная установка

Произведем расчет стоимости воздуховодов приточной и вытяжной систем для расчетного помещения зала бассейна:

Таблица 1. Расчет стоимости воздуховодов для расчетного помещения (приточная система)

| Помещение | Размер сечения, мм | Длина участка, м | Материал | Площадь, м ² | Толщина стали, мм | Стоимость Вр |
|---------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|----------------|
| Бассейн | 800 | 20 | Оцинкованная сталь | 50,27 | 0,7 | 1663 |
| | 500 | 5,9 | | 14,14 | 0,5 | 410,3 |
| | 400 | 10,3 | | 12,57 | 0,5 | 348,86 |
| | 315 | 11,2 | | 10,89 | 0,5 | 305,02 |
| Итого: | | | | | | 2727,18 |

Таблица 2. Расчет стоимости воздуховодов для расчетного помещения (вытяжная система)

| Помещение | Размер сечения, мм | Длина участка, м | Материал | Площадь, м ² | Толщина стали, мм | Стоимость Вг |
|---------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|----------------|
| Бассейн | 800 | 14,9 | Оцинкованная сталь | 37,7 | 0,7 | 1247,3 |
| | 630 | 5,5 | | 11,88 | 0,5 | 335,3 |
| | 500 | 7 | | 11,0 | 0,5 | 314,17 |
| | 400 | 26,9 | | 33,93 | 0,5 | 949,06 |
| Итого: | | | | | | 2845,83 |

С целью контроля за расходом воздуха и регулирования его параметров в приточной и вытяжной системе воздуховодов установили регулирующие клапана. Для приточной системы — IRIS-315 для диаметра воздуховодов 315 мм в количестве 18 штук. Стоимость одного клапана составляет 136,25 Вг. Для вытяжной системы — IRIS-400 в количестве 20 штук, стоимость одного клапана составляет 300,78 Вг. Расчёт стоимость приточных и вытяжных воздухораспределителей сведён в таблицу 5.

Таблица 3. Расчет стоимости фасонных деталей воздуховодов для расчетного помещения (приточная система)

| Помещение | Количество, шт | Размер сечения, мм | Площадь, м ² | Толщина стали, мм | Стоимость, Вг |
|---------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|----------------|
| Бассейн | Отвод на 90 ⁰ | | | | |
| | 2 | 800 | 3,75 | 0,7 | 148,25 x2 |
| | 16 | 315 | 0,58 | 0,5 | 27,23 x16 |
| | Прямая круглая врезка | | | | |
| | 1 | 800-500 | 1,23 | 0,7 | 58,6 |
| | 1 | 500-400 | 0,57 | 0,55 | 33,7 |
| | 3 | 400-315 | 0,45 | 0,55 | 26,8 x3 |
| | Тройник для круглого воздуховода | | | | |
| | 1 | 800/800-400 | 2,66 | 0,7 | 124,68 |
| | 1 | 500/500-400 | 1,67 | 0,5 | 69,01 |
| | 1 | 500/500-315 | 1,31 | 0,5 | 59,07 |
| | 6 | 400/400-315 | 1,05 | 0,5 | 48,67 x6 |
| | 4 | 315/315-315 | 0,83 | 0,5 | 39,83 x4 |
| Итого: | | | | | 1608,98 |

Таблица 4. Расчет стоимости фасонных деталей воздуховодов для расчетного помещения (вытяжная система)

| Помещение | Количество, шт | Размер сечения, мм | Площадь, м ² | Толщина стали, мм | Стоимость, Вг |
|-----------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|---------------|
| Бассейн | Отвод на 90 ⁰ | | | | |
| | 2 | 800 | 3,75 | 0,7 | 148,25 x2 |
| | 27 | 400 | 0,94 | 0,5 | 39,09 x27 |
| | Прямая круглая врезка | | | | |
| | 1 | 800-630 | 0,9 | 0,7 | 58,89 |
| | 1 | 630-500 | 0,71 | 0,55 | 42,35 |
| | 2 | 500-400 | 0,57 | 0,55 | 33,72 x2 |
| | Тройник для круглого воздуховода | | | | |
| | 1 | 500/500-500 | 2,08 | 0,7 | 96,03 |
| | 12 | 400/400-400 | 1,33 | 0,5 | 56,98x12 |
| | Итого: | | | | |

Таблица 5. Расчет стоимости воздухораспределителей для расчетного помещения

| Помещение | Вид воздухораспределителей | Название модели | Количество | Стоимость, Вг |
|---------------|----------------------------|-----------------|------------|---------------|
| Бассейн | Приточные | CKDa1-315-K | 18 | 3064,5 |
| | Вытяжные | DSKF-400-595 | 20 | 1800 |
| Итого: | | | | 4864,5 |

Зная, что продолжительность отопительного периода в сутках с суточной температурой воздуха не более 8°C для г.Волковыска составляет 202 дня, т.е. холодный и переходный периоды. Следовательно, к теплomu периоду отнесем 163 дня. Допустим, центральный кондиционер работает 7 дней в неделю по 8 часов в день. Учитывая, что холодильный коэффициент фреонового воздухоохладителя равен 3, количество потребляемой энергии будет в три раза меньше (таблица 6).

Таблица 6. Потребление энергоресурсов центральным кондиционером PR160

| Период года | Показатель | Количество потребляемой энергии, кВт | | Итого потребляемой энергии, кВт·ч | |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------|
| | | тепловой | электрической | тепловой | электрической |
| ТП | Фреоновый воздухоохладитель | 46,86 | 15,62 | – | 20368,48 |
| | Приточный вентилятор | – | 11 | – | 14344 |
| | Вытяжной вентилятор | – | 11 | – | 14344 |
| ХП | Калорифер | 20,14 | – | 32546,24 | – |
| | Приточный вентилятор | – | 11 | – | 17776 |
| | Вытяжной вентилятор | – | 11 | – | 17776 |
| | | | Сумма: | 32546,24 | 84608,48 |

Согласно тарифам, действующим с 1 января 2021 г., для юридических лиц для обеспечения работы центрального кондиционера, стоимость за единицу электроэнергии составляет 0,38994 руб/кВт*ч.

Поскольку, при использовании калорифера необходимо обеспечить его теплоносителем, который покупается у поставщика тепловой энергии (допустим РУП «Гродненские тепловые сети»), тогда, в соответствии с этим, тариф на тепловую энергию составляет 127,3872 руб/Гкал = 0,1095 руб/кВт*ч.

В соответствии с этим, стоимость электроэнергии за весь период потребления составит: 84608,48 кВт·ч * 0,38994 руб/кВт*ч = 32 988 Вг.

Стоимость тепловой энергии за весь период потребления составит:

$$32546,24 * 0,1095 \text{ руб/кВт*ч} = 3563,8 \text{ Вг.}$$

Таким образом, для обеспечения расчетного воздухообмена зала бассейна для поддержания оптимальных параметров внутреннего воздуха общая стоимость спроектированной системы кондиционирования с приточно-вытяжной установкой, воздуховодами, их фасонными частями и воздухораспределителями составила 142751,07 Вг, эксплуатационные затраты приточно-вытяжной установки в течение года составили 36552 Вг (без учёта транспортировочных, монтажных и наладочных работ). Полученные данные будем использовать для дальнейшего расчета срока окупаемости приточно-вытяжной установки центральной системы кондиционирования.

Список использованных источников:

1. Пособие к СНиП 2.08.02–89 Проектирование бассейнов. – 1999. – 7 с.
2. СНБ 4.02.01–03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.
3. СНБ 2.04.01–97 Строительная теплотехника. – Минск, 1998.

Гришкевич М.Ю. Батурова А.В.

КАК ВРЕЗАТЬСЯ В ГАЗОПРОВОД: ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-15. Научный руководитель: Сальникова С.Р., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Природный газ обеспечивает человека теплом и горячей пищей. Однако для реализации этих функций его необходимо подвести к жилищу — обустроить трубопровод, соединенный с центральной сетью, отопительным оборудованием и бытовыми приборами. На этапе проектирования магистрали, необходимо разобраться, какие разрешительные документы предстоит оформить, как правильно врезаться в газопровод и кому доверить такую ответственную работу. Ответы на эти вопросы подробно изложены в статье.

Газопровод — это специализированный трубопровод, предназначение которого заключается в транспортировании и хранении некоторых объемов голубого топлива. Он может иметь разные конструкционные особенности, отличающиеся в зависимости от возложенных на магистраль задач. Например, сети международного значения доставляют огромные объемы газа на большие расстояния, потому в них постоянное давление поддерживается на высоком уровне. Именно поэтому любые эксперименты с системами подачи газа неуместны и могут быть опасны не только для вас, но и для окружающих. А значит, оптимальным вариантом для проведения работ с системой станет вызов соответствующих служб, специализирующихся на работе с газовыми коммуникациями, что отвечает требованиям законодательства.

Подключение к газовым коммуникациям происходит при наличии у организации специального допуска. А разводку внутри своего дома можно попробовать осуществить собственноручно. Для этого достаточно лишь знать четкую последовательность действий и придерживаться необходимых мер безопасности.

Правила расчета пропускной способности.

Основным фактором, отвечающим за непрерывную поставку голубого топлива потребителям, является значение пропускной способности газопровода. Расчет этого параметра осуществляется по особому алгоритму. Причем его делают независимо от типа используемых труб. Максимальную пропускную способность газовой трубы можно высчитать по следующей формуле:

$$Q_{\text{макс.}} = 196,386 * D^2 * P/Z * T,$$

где: P – рабочее давление, поддерживаемое в газопроводе, плюс 0,1 МПа или абсолютное давление газа; D – внутренний диаметр трубы; T – температура прокачиваемого голубого топлива, измеряемого по шкале Кельвина; Z – коэффициент сжимаемости.

Эта формула устанавливает следующую закономерность: чем выше значение показателя T, тем большей должна быть пропускная способность сети. В противном случае произойдет разгерметизация газотранспортной магистрали, что неминуемо приведет к взрыву этого опасного вещества. Врезку в магистральную сеть нельзя проводить собственноручно — только при помощи специалистов газовых компаний, имеющих разрешения и допуск на проведение таких работ. Вне зависимости от выбранной фирмы, перед подключением к коммуникациям предстоит масштабный этап подготовки.

Подготовка к проведению врезки.

Необходимо обратиться в разрешительную службу. Кроме подачи заявки установленного образца, потребуется предоставить пакет документов, предусмотренный на законодательном уровне.

Когда речь идет о врезке в газопровод нововозведенного здания, владельцу следует в первую очередь предоставить паспорт, идентификационный код и утвержденный проект системы газоснабжения.

Следует подготовить набор документов:

- заявление, заверенное лично главой территориального отделения газового хозяйства;
- разрешение на подключение к газотранспортной магистрали, выданное отделом планирования архитектурного обустройства;
- фотографию, сделанную в процессе топографической съемки участка, на котором будет осуществляться врезка;
- тех.паспорт на частный дом, или же его копия, заверенная нотариусом.

Снимок должен быть заверен уполномоченными работниками газовой службы. На нем будет запечатлена вся инженерная инфраструктура, включающая не только газовые коммуникации, но и водопровод, трубы теплосети, а также канализации. Если же дом находится в стадии возведения, то следует предоставить соответствующий архитектурный проект, разрешение на его постройку и поэтажный план. А если его общая площадь превышает 300 м. кв., необходимо подать тепловой расчет строения, ситуационный план участка в масштабе 1:5000, согласие соседей на присоединение к газовой сети, оформленное в письменной форме. Последний документ понадобится в том случае, когда планируется пустить часть газопровода под землей по принадлежащим им участкам. В большинстве случаев разрешительные документы подобного рода выдаются городским управлением газового хозяйства, поскольку именно они являются полноправными собственниками газотранспортных магистралей. К тому же потребуется предоставить технические паспорта или иные документы, прилагаемые к газовым приборам, которые планируется установить в здании — разрешение на использование оборудования в месте проживания, сертификаты соответствия, а также договора на обслуживание. Еще нужен будет акт обследования дымо-вентиляционных каналов и прочие документы, предусмотренные законодательством. Только имея на руках все разрешения и акты, можно приступать к осуществлению работ по врезке, т. е. исключительно на законном основании.

Самовольное проведение подключения к магистральному газопроводу, без оформления в установленном законом порядке надлежащих документов и согласования с соответствующими службами, чревато административными мерами. А если при этом ещё произошло повреждение газопровода, то и уголовным наказанием.

Особенности процесса врезки. Процесс врезки в газопровод — это присоединение новой трубы, посредством которой вещество от центральной магистрали будет транспортироваться потребителю. Как правило, подключения такого рода совершают, не перекрывая подачу газа в магистральной сети.

Существуют определенные моменты, которые стоит учитывать. Одним из них является высокое давление в главном трубопроводе, поэтому работы по врезке осуществляются с использованием специального приспособления. И делается это после завершения монтажа и проверки работоспособности смонтированного трубопровода для нового потребителя.

Правила выполнения работ:

- Когда сеть характеризуется низким давлением, врезку в её коммуникации рекомендуется осуществлять при показателях от 20 до 80 мм вод. ст.
- Проведение работ с трубопроводом под средним или высоким давлением разрешено только после того, как его уровень будет снижен до допустимых показателей.
- Если снижение давления технически выполнить не представляется возможным, предстоит прибегнуть к помощи специализированного оборудования, которое предназначено для проведения работ в нестандартных условиях.
- Важно привлечь сотрудников соответствующих организаций, имеющих специальное разрешение на проведение подобного вида работ.
- Если предстоит использовать сварку и резку газом, следует контролировать давление на участке, которое во время монтажа должно выдерживаться в диапазоне 40-150 кг/см.

Соблюдение комплекса этих правил позволит избежать нештатных ситуаций в процессе врезки в газопровод и гарантировать безопасность окружающим [1].

Основные этапы врезки в полиэтиленовый газопровод под давлением электросваркой:

- 1) установкой пережима газопровода перекрывается газ;
- 2) проводится опрессовка газопровода;
- 3) снимается оксидный слой на полиэтиленовой трубе, отсекается газопровод;
- 4) спиртовой салфеткой обезжиривается участок газопровода;
- 5) производится подгонка газопровода;
- 6) подключается компьютер, с тройника считывается штрих-код, информация передается на компьютер, который распознает деталь, сверяет параметры и производит сварку;
- 7) далее производится обмыливание места сварки с целью выявления возможной утечки газа;
- 8) производится продувка газопровода, на высоте 0,6 м над газопроводом укладывается сигнальная лента, газопровод засыпается [3].

Список использованных источников:

1. <https://sovet-ingenera.com> – Как врезаться в газопровод: технические требования и особенности выполнения работ.
2. <https://www.brest.gas.by> – Особенности наружной прокладки газопроводов.
3. СП 42-103-2003 – Проектирование газопроводов из полиэтилена. – Москва, 2004.

Научное издание

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 19 марта 2021 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2021. – 138 с.

Редакторы: В.С. Северянин, В.Г. Новосельцев.

Технический редактор: П.Ф. Янчилин.

Компьютерная вёрстка: П.Ф. Янчилин.

Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Тираж 100 экз.

Издатель и полиграфическое исполнение

Брестское республиканское унитарное предприятие электроэнергетики
«Брестэнерго»

224030, Брест, ул. Воровского, 13/1