

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, 2019

УДК 620.9

ББК 72.33

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 21 марта 2019 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: УО «БрГТУ», 2019. – 148 с.

В настоящем сборнике публикуются материалы научного семинара на тему «Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях», который состоялся в Брестском государственном техническом университете 26 марта 2019 года. Издание адресуется преподавателям учебных заведений, студентам вузов, магистрантам, аспирантам, всем, кто интересуется проблемами энергетической безопасности.

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Северянин В.С. | 6 |
| СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКАМИ | 6 |
| Новосельцев В.Г., Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Черноиван А.В. | 9 |
| ИНФОРМАЦИЯ О КЛАССАХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ – ДЛЯ ШИРОКИХ СЛОЕВ НАСЕЛЕНИЯ | 9 |
| Савчук Т.П. | 11 |
| О ВНЕДРЕНИИ УСТАНОВКИ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В Г. БРЕСТЕ | 11 |
| Чернюк В.П., Шляхова Е.И. | 13 |
| ЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭНЕРГОЭКОНОМНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАБИВНЫХ СВАЙ В ФУНДАМЕНТОСТОЕНИИ | 13 |
| Сальникова С.Р. | 16 |
| УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА И ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ | 16 |
| Андреюк С.В., Житенёв Б.Н. | 19 |
| ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НИТРАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ПЛАНИРОВАНИЕМ | 19 |
| Молош В.В., Томашев И.Г. | 23 |
| ОБЗОР МЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕЗУ ПРИ ПРОДАВЛИВАНИИ В РАСЧЕТАХ ПЛОСКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ БЕЗ ПОПЕРЕЧНОЙ АРМАТУРЫ | 23 |
| Галимова Н.П. | 28 |
| О ВНЕДРЕНИИ УСТАНОВКИ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В Г. БРЕСТЕ | 28 |
| Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Черноиван А.В. | 31 |
| СИСТЕМА ПОКВАРТИРНОГО УЧЕТА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛЬЯ — РЕЗЕРВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ | 31 |
| Бурдин А.Н. | 33 |
| ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ | 33 |
| Новосельцев В.Г., Новосельцева Д.В. | 35 |
| К ВОПРОСУ О ВЫЯВЛЕНИИ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ РАБОТЫ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ЖИЛЬЦОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ | 35 |
| Щербач В.П., Лешко Г.В., Конон Е.В. | 37 |
| ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ | 37 |
| Сенчук Д.Д., Новосельцева А.Г. | 40 |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МЕМБРАННЫХ АЭРАТОРОВ ДЛЯ АЭРОТЕНКОВ | 40 |
| Аллакулиев И.А. | 44 |
| РАСЧЁТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОГО ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРА ДЛЯ УСЛОВИЙ АШХАБАДА | 44 |
| Шляхова Е.И., Чернюк В.П. | 47 |
| ПУТИ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ШУМА ПРИ ПОГРУЖЕНИИ СВАЙ | 47 |
| Сопин Ю.Ю. | 50 |
| ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЧАСТНОГО ДОМА | 50 |

| | |
|--|-----------|
| Игнатюк Т.В., Лешко Г.В., Игнатюк Е.В. | 53 |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ СТУДЕНЧЕСКИХ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ..... | 53 |
| Янчилин П.Ф. | 55 |
| ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛИОУСТАНОВКИ «ЛУЧ» ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ | 55 |
| Клюева Е.В. | 57 |
| ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ..... | 57 |
| Игнатюк Т.В. | 59 |
| МЕТОДИКА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА..... | 59 |
| Сальникова С.Р. | 63 |
| БУДУЩЕЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ — ЗА ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ОБУЧЕНИЕМ | 63 |
| Тур Э.А., Халецкий В.А., Тур А.В. | 65 |
| ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАСАДНЫЕ КРАСКИ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЯ..... | 65 |
| Шляхова Е.И., Левчук Н.В. | 69 |
| ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ КАК МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ..... | 69 |
| Прокопеня О.Н., Прожижко О.Г., Тромза Т.В. | 71 |
| ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ | 71 |
| | |
| ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТОВ | 74 |
| Пархомук И.П., Филюк Д.М., Трембицкая А.А. | 75 |
| СРАВНЕНИЕ ДВУХ ВИДОВ ВЕНТИЛЯЦИИ: ВЫТЭСНЕНИЕМ И ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ | 75 |
| Бойко С.В., Киселев А.В., Матлашук Д.В. | 78 |
| ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ ВИХРЕЙ | 78 |
| Мешик К.О., Иванюк Д.В. | 80 |
| ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ МИКРОКЛИМАТА СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ ВЕНТИЛЯЦИИ | 80 |
| Бойко С.В., Матлашук Д.В. | 82 |
| МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ | 82 |
| Снитко Д.А. | 85 |
| ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД | 85 |
| Курись А.Г., Кузнец Д.В. | 89 |
| ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ..... | 89 |
| Жигало П.Ю., Румак И.В. | 91 |
| ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ОБЩЕЖИТИЯ №2 | 91 |

| | |
|--|-----|
| Мешик К.О., Бойко С.В..... | 93 |
| СРАВНЕНИЕ ДОБЫЧИ ГАЗА ИЗ СЛАНЦЕВЫХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДОБЫЧИ ГАЗА | 93 |
| Олесик Е.С..... | 97 |
| ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА В СОСТАВЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА..... | 97 |
| Мешик К.О. | 101 |
| ПОГОДОЗАВИСИМОЕ ОТОПЛЕНИЕ..... | 101 |
| Антонович А.А., Жигало П.Ю. | 104 |
| ВЕДУЩИЕ ГАЗОВЫЕ МАГИСТРАЛИ..... | 104 |
| Гладун Ю.А., Табола Д.В. | 109 |
| ОРГАНИЗАЦИЯ ОТОПЛЕНИЯ БАССЕЙНА В ЧАСТНОМ ДОМЕ | 109 |
| Иванюк Д.В., Мешик К.О. | 112 |
| ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ | 112 |
| Кухарчук Т.В., Мельник Е.И..... | 115 |
| ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ КВАРЦЕВЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ | 115 |
| Бойко С.В., Матлашук Д.В. | 117 |
| КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ..... | 117 |
| Харкович М.В., Ховрах А.С. | 119 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ | 119 |
| Бойко С.В., Матлашук Д.В. | 121 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ..... | 121 |
| Мешик К.О. | 124 |
| ПЬЕЗОЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ | 124 |
| Иванов В.А. | 126 |
| ВОЗДУХОВОДЫ АСПИРАЦИИ..... | 126 |
| Пархомук И.П., Трембицкая А.А., Филюк Д.М..... | 128 |
| ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА WFO С ПЧТ И БЕЗ НЕГО..... | 128 |
| Гладун Ю.А., Табола Д.В. | 131 |
| СЧЕТЧИКИ ГАЗА: МЕМБРАННЫЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ..... | 131 |
| Игнатюк Е.В., Ковальчук А.В. | 133 |
| СТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ..... | 133 |
| Иванов В.А. | 136 |
| ПРОГРАММЫ ПОДБОРА ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ | 136 |
| Курись А.Г., Антонович А.А. | 138 |
| СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕЛИОУСТАНОВКИ «ЛУЧ» И ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА..... | 138 |
| Мешик К.О., Жигало П.Ю. | 141 |
| ВЛИЯНИЕ ПЛАНИРОВКИ ГОРОДОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ АТМОСФЕРЫ..... | 141 |
| Иванов В.А. | 144 |
| ОСОБЕННОСТИ МОРСКОЙ ДОБЫЧИ ГАЗА | 144 |

Северянин В.С.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКАМИ

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

Наряду с развитием ядерной энергетики на повестке дня стоит насущный вопрос эффективного использования традиционного энергоресурса — органического топлива.

Концентрация энергопроизводства гигантскими энергетическими установками и предприятиями имеет некоторый предел, который обусловлен как техническими, так и организационными экологическими причинами. По мере роста единичной мощности установок снижение удельной стоимости продукта замедляется, а непредвиденные чрезвычайные обстоятельства приводят не только к большим экономическим потерям, но и наносят удар по престижу целой энергетической отрасли. Известно, что после Чернобыльской трагедии отменено строительство многих станций, в частности, Минской АТЭЦ. В Швеции, Германии собирались закрыть все АЭС. В США уже в течении ряда лет не строились новые энергоблоки, и портфель заказов был пуст. Этот пример из атомной энергетики приведен потому, что мощности энергоблоков эквивалентны мощности нескольких ДнепроГЭСов. При использовании обычного органического топлива выделение в окружающую среду на мощных энергетических предприятиях таково, что приходится говорить не только о химическом, но и тепловом отравлении. Большие электростанции и котельные связаны с протяженными энергетическими коммуникациями и при «планируемых» десятипроцентных потерях в них до потребителя не доходит громадное количество энергии. Кроме того, сверхмощные агрегаты требуют сложного управления.

К сказанному следует добавить, что во многих случаях связь с центральным энергоисточником нецелесообразна или вообще затруднена, и производить требуемый вид энергии (чаще — тепло) приходится практически на месте потребления. Естественно, в этом случае то же суммарное количество энергии должно производиться большим количеством энергоустановок меньшей мощности. Безусловно, затраты на производство этой энергии должны быть меньше, чем при централизованном энергоснабжении. Это возможно только при создании высокоэффективных энергоагрегатов малой мощности, имеющих высокий КПД производства тепла или электроэнергии, малые габариты и массу, не загрязняющих окружающую среду, с малыми затратами энергии на собственные нужды, дешевым управлением и автоматизацией, ремонтноспособных, транспортабельных.

Современная машиностроительная технология позволяет решить эту проблему. Не зря в последнее время в иностранной печати высказывается мнение о наступлении новой технологической эпохи децентрализованного производства. Ярким примером этому служат гидроэлектростанции малой мощности, использующие энергии малых рек, ветрогелиоэнергетика и т.п.

В настоящее время основным энергоресурсом после ядерного является органическое топливо, а его сжигание — основной технологический процесс традиционного энергопроизводства. Разумеется, сказанное выше должно сочетаться с приемлемыми затратами при топливоиспользовании, так как удорожание поисков, добычи, транспортирования, распределения топлива, утилизации тепла и отходов предопределяет максимально экономное его расходование. Соблюдение этих условий

ведет к более эффективному использованию потенциала топлива при децентрализованном его потреблении, чем при концентрации сжигания топлива.

Топливоиспользующие агрегаты, во-первых, должны иметь высокий коэффициент полезного действия. До последнего времени этот показатель был значительно выше для мощных и сверхмощных агрегатов, чем для агрегатов малой мощности. Так, КПД крупных энергетических парогенераторов составляет более 90%, а малых котлов — порядка 50%. Во-вторых, удельные габаритные и массовые показатели на единицу произведенной тепловой энергии должны быть сопоставимы для рассматриваемых случаев. В-третьих, потребление энергии на собственные нужды по удельным показателям так же должны не слишком отличаться.

Одним из путей удовлетворения рассмотренных требований может явиться новый способ сжигания топлива — так называемое пульсирующее горение. Это такой метод получения теплоносителя, когда реализуется автоколебательный режим течения продуктов горения. При этом резко интенсифицируются процессы окисления горючего, теплообмена, движения газов без добавочного потребления энергии и привлечения других механизмов. Пульсирующее горение топлива позволяет уменьшить габариты и массу огневых аппаратов, повысить коэффициент полезного действия, снизить загрязнение окружающей среды вредными выбросами продуктами сгорания, отказаться от тягодутьевых машин. Единственный существенный недостаток — шум, излучаемый зоной горения: известными методами его можно снизить до приемлемого уровня. Следует добавить легкость регулирования и автоматизации, транспортабельность и автономность аппаратов на базе пульсирующего горения.

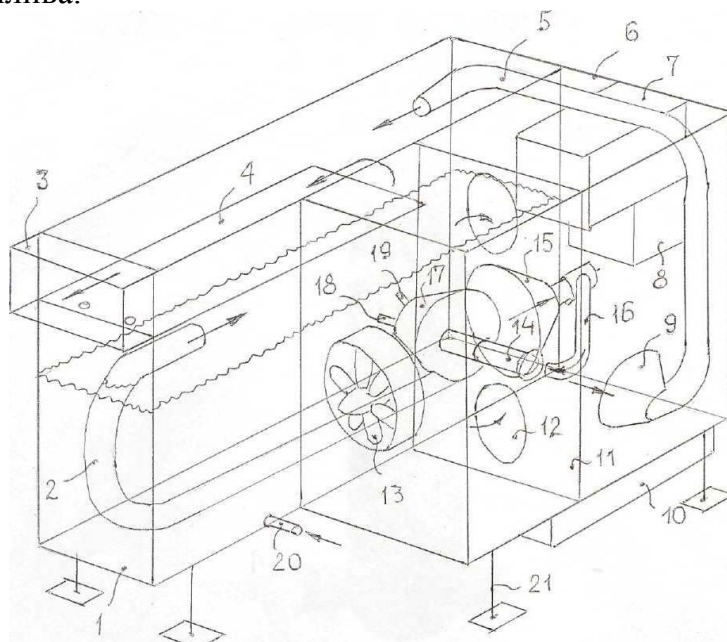
В Брестском государственном техническом университете велись исследования способа пульсирующего горения с целью создания новых высокоэффективных топливоиспользующих установок малой мощности.

Разработаны и запатентованы следующие аппараты на основе камер пульсирующего горения:

1. Парогенераторы (рис.1, 2) и водоподогреватели.
Расход нагреваемой воды от 10 до 10000 кг/час.
Парогазогенератор можно использовать не только в заводских условиях, но и непосредственно на строительных площадках, а также в других отраслях (пропарка сельхозматериалов, очистка цистерн от остаточного мазута, подача в теплицы влажной теплой среды с углекислым газом и т.д.)
2. Воздухоподогреватели для воздушного отопления.
Расход воздуха 100-5000 м³/час, температура нагрева – до 100-150°С.
3. Разжижители битума.
Нагрев битума до 180-200°С, расход – 1 т/час, время нагрева – 15-30 мин.
4. Барабанная сушилка для песка или щебня.
Расход 1-5 т/час песка, уменьшение влаги с 50% до 5%.
5. Машина для удаления льда и сушки дорожных покрытий.
Мощность – 0,1-1 МВт.
6. Аэрофонтанная сушилка для зерна, расход зерна – 5-10 т/час.
7. Устройство для термической обработки труб газопроводов перед укладкой их в траншеи.
8. Установка для обезвреживания жидких отходов, в частности – стоков, содержащих нефтепродукты.

Предложен также новый способ организации топочного процесса — так называемое вертикальное круговое ворошение слоя топлива. Выявлены зависимости

между удельной поверхностью горящего кускового топлива и режимными и конструктивными факторами (величина топки, количество лопастей ротора, скорость вращения и т.д.). Оценено тепловое состояние металла лопастей, предложено конструктивное решение метода воздушного охлаждения. Разработана принципиальная схема топки с вертикальным круговым ворошением слоя низкосортного топлива.



1 – водяная ванна, 2 – резонансная труба, 3 – выход парогаса, 4 – направляющий лист, 5 – напорная труба, 6 – глушитель, 7 – блок зажигания и управления топливом, 8 – блок подачи воды, 9 – улавливающий конус, 10 – топливный бак, 11 – перегородка, 12 – отверстия, 13 – вентилятор, 14 – аэродинамический клапан, 15 – конфузор, 16 – дутьевая трубка, 17 – камера воспламенения, 18 – форсунка (горелка), 19 – пусковая электросвеча, 20 – подача воды, 21 – стойка (шасси)

Рисунок 1. Конструкция парогазогенератора.

Специалисты-теплотехники БрГТУ готовы к разработке и других аналогичных топливоиспользующих установок с любым заказчиком.



Рисунок 2. Парогазогенератор.

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

ИНФОРМАЦИЯ О КЛАССАХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ – ДЛЯ ШИРОКИХ СЛОЕВ НАСЕЛЕНИЯ

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

Весьма важным вопросом является улучшение «энергосберегающей грамотности» населения. В связи с этим публикация материалов по энергосбережению в доступной для широких слоев населения форме представляется весьма важным фактором. В данной статье предложен пример информационного листка, описывающий существующие в настоящее время в РБ классы энергоэффективности жилых зданий.

Приобретая бытовую технику, можно найти на приборе этикетку энергоэффективности. Это маркировка уровня энергопотребления электроприборов. Система энергетической маркировки включает в себя 7 классов: от А до G. Более высокий класс (А или В) означает, что затраты электроэнергии будут меньше по сравнению с таким же прибором более низкого класса (С, D, E, F, G).



Рисунок 1. Энергетическая маркировка.

В ряде случаев для приборов с особо высокими параметрами энергосбережения внутри класса А выделяют дополнительные уровни А+, А++.



Рисунок 2. Дополнительная энергетическая маркировка.

Удивительно, но для жилых домов у нас в стране тоже есть классы энергоэффективности. С 1 апреля 2013 г. по решению правительства в Беларуси проектируются только энергоэффективные жилые дома с теплопотреблением 40 кВт·ч/м². С учетом климатических условий для каждого областного центра разработаны свои нормативные требования к потреблению тепловой энергии на отопление, введена энергетическая классификация зданий — А, А+ и В по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Постановлением правительства Республики Беларусь от 1 июня 2009 г. утверждена Комплексная программа по проектированию, строительству и

реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь. Под энергоэффективным жилым домом в Комплексной программе понимается жилой дом с удельным потреблением тепловой энергии на отопление не более 60 кВт·ч/м² в год и в перспективе до 2020 года — до 30-40 кВт·ч/м² в год.

Класс жилых зданий по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию устанавливаются в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Классы жилых зданий по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию

| Обозначение класса здания | Наименование класса здания |
|---------------------------|----------------------------|
| A+ | Очень высокий |
| A | |
| B | Высокий |
| C | Нормальный |
| D | Пониженный |
| E | Низкий |
| F | Очень низкий |

Таблица 2 – Классы жилых зданий по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в отопительном периоде

| Количество этажей | Значения удельного расхода для классов зданий (кВт·ч/кв.м) |
|-------------------|--|
| Класс G | |
| 1 - 3 | 231 и более |
| 4 - 6 | 134 и более |
| 7 и более | 123 и более |
| Класс E | |
| 1 - 3 | 230 - 154 |
| 4 - 6 | 133 - 90 |
| 7 и более | 122 - 82 |
| Класс D | |
| 1 - 3 | 153 - 112 |
| 4 - 6 | 89 - 66 |
| 7 и более | 81 - 60 |
| Класс C | |
| 1 - 3 | 111 - 92 |
| 4 - 6 | 65 - 53 |
| 7 и более | 59 - 49 |
| Класс B | |
| 1 - 3 | 91 - 65 |
| 4 - 6 | 52 - 35 |
| 7 и более | 48 - 30 |
| Класс A | |
| 1 - 3 | 64 - 55 |
| 4 - 6 | 34 - 28 |
| 7 и более | 30 - 24 |
| Класс A+ | |
| 1 - 3 | Менее 55 |
| 4 - 6 | Менее 28 |
| 7 и более | Менее 24 |

Проектирование новых жилых зданий классов по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию С, D, E, G у нас в стране сейчас не допускается.

Чтобы построить здания классов А, А+ и В необходимо:

- грамотное объемно-планировочное решение здания;
- рациональное остеклением фасада;
- очень хорошее утепление ограждающих конструкций;
- применение специальных систем вентиляции с теплоутилизирующими установками.

С 1 октября 2015 года в Беларуси установлено новое определение: энергоэффективное здание — это здание, соответствующее по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию классу А+, А или В. Классы жилых зданий по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию устанавливаются в соответствии по таблице 2.

Савчук Т.П.

О ВНЕДРЕНИИ УСТАНОВКИ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В Г. БРЕСТЕ

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина

Использование теплоты уходящих дымовых газов и скрытой теплоты парообразования водяных паров называется методом глубокой утилизации теплоты дымовых газов. Он позволяет увеличить КПД топливопотребляющей установки на 2-3%. В настоящее время существуют различные технологии реализации данного метода, апробированные в Республике Беларусь и нашедшие массовое применение за рубежом.

В 2016 г. институт РУП «БелТЭИ» разработал установку устройства для глубокой утилизации теплоты дымовых газов. Согласно приказу ГПО «Белэнерго» от 19.05.2016 № 125 «О внедрении вновь освоенной (новой) продукции, созданной в рамках государственной научно-технической программы «Энергетика» в 2016 году», данную установку внедрили в д. Ксты Полоцкого района Витебской области. После кратковременной наработки появились некоторые проблемы, обусловленные изготовлением агрегата из черного металла, отсутствием каплеуловителя и др. В результате конструкторы института «БелТЭИ» внесли изменения. В 2017 году изготовлением данной установки занялся ОАО «Белоозерский энерго-механический завод». В том же году первая модернизированная установка устройства для глубокой утилизации теплоты дымовых газов была открыта в г. Бресте на Восточной районной котельной (ВРК) № 1 филиала «Брестские тепловые сети» РУП «Брестэнерго». Внедрение данного объекта выполнялось в соответствии со Сводным планом внедрения вновь освоенной (новой) продукции, созданной в рамках государственной научно-технической программы (ГНТП) «Энергетика – 2015» [1].

Схема установки устройства разработана так, чтобы максимально исключить ее воздействие на вероятность возникновения аварийных ситуаций в работе котельной. В качестве основного оборудования объекта используются: утилизатор с декарбонизатором, дымосос, водяной фильтр, насос, теплосчетчик, теплообменник. Отбор дымовых газов осуществляется от дымохода котла самостоятельным

дымососом с тем, чтобы минимально вносить изменения в существующие дымоходы, а отключение утилизатора (при необходимости либо аварийное) не влияло на режим работы котлоагрегата. Дымовые газы после утилизатора выбрасываются в дымовую трубу утилизатора [2].

Для подогрева холодной воды используется промежуточный теплообменник, который включен в замкнутый контур утилизатора, что исключает попадание воды из контура утилизатора в тепловую сеть котельной. Циркуляция воды в замкнутом контуре обеспечивается с помощью насоса.

Нагретая вода из накопительного бака после насоса поступает в теплообменник, где нагревает холодную воду и далее после охлаждения поступает в дождеватель и контактную насадку. В контактной насадке происходит интенсивный тепло- и массообмен между дымовыми газами и нагреваемой водой. С учетом того, что температура поступающей в насадку воды ниже точки росы водяных паров в дымовых газах, обеспечивается частичная конденсация водяных паров с передачей теплоты фазового перехода нагреваемой воде, а также последующего частичного догрева воды в нижней части насадки и в промежутке между насадкой и уровнем воды в накопительном баке за счет физической теплоты дымовых газов. В процессе контакта воды с дымовыми газами осуществляется частичное растворение в воде CO_2 и кислорода и образуется слабая угольная кислота [2].

Полученные результаты показывают, что при использовании утилизатором 100% уходящих дымовых газов от котла ДКВР-10/13 за год работы установки возможно вернуть в цикл 2193,8 Гкал тепловой энергии, что при КПД котла 92,8% эквивалентно 337,7 т у.т. За вычетом используемой установкой электроэнергии в размере 74,4 тыс. кВт.ч, экономия после реализации мероприятия (при соблюдении аналогичных расчётных параметров работы) составит 319,4 т у.т. Полученную тепловую энергию, посредством добавления в схему дополнительного теплообменника, предлагается использовать для нагрева подпиточной воды. Технические возможности утилизатора позволяют нагревать сырую воду до 47°C и направлять в тепловую схему котельной.

При апробировании данного метода на ВРК-1 филиала «Брестские тепловые сети» РУП «Брестэнерго» модернизированный образец устройства для глубокой утилизации теплоты дымовых газов на дымоходе от котла ДКВР-10/13 ст. № 4. показал экономическую целесообразность внедрения данной технологии на предприятиях ГПО «Белэнерго» [1]. Планируемый срок окупаемости 4 года. Благодаря таким внедрениям цена на тепловую энергию для потребителя снижается.

Список использованных источников:

1. Текущий архив Восточной районной котельной № 1 филиала «Брестские тепловые сети» РУП «Брестэнерго», 2019 г.
2. Установка утилизации энергии уходящих газов внедряется в филиале «Брестские тепловые сети» РУП «Брестэнерго» // Государственное производственное объединение электроэнергетики «Берэнерго» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : http://www.energo.by/content/infocenter/years/2017/ustanovka_utilizatsii_energii_ukhodyashchikh_gazov_vnedryaetsya_v_filiale_brestskie_teplovye_seti_ru99_4646/?backurl=%2Fcontent%2Finfocenter%2Fyears%2F2017%2F. – Дата доступа: 08.03.2019.

Чернюк В.П., Шляхова Е.И.

ЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭНЕРГОЭКОНОМНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАБИВНЫХ СВАЙ В ФУНДАМЕНТОСТОЕНИИ

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии
строительного производства*

Основные преимущества свайных фундаментов перед другими видами фундаментов сводятся к экономии материалов, повышению индустриализации производства работ, резкому сокращению объемов земляных работ, сокращению и исключению обратной засыпки и уплотнению грунтов, хорошей увязке конструкций фундаментов с вышележащими элементами зданий, конструктивному облегчению ввода в здание полезных и необходимых коммуникаций, повышению устойчивости сооружений на действие горизонтальных и вертикальных нагрузок и их совместное действие, повышению прочности и устойчивости грунтов оснований от осадок, размыва водой и других воздействий.

Устройство свайных фундаментов отвечает требованиям технического прогресса, индустриализации, так как является не только технически целесообразным, обеспечивающим высокое качество и долговечность сооружений, высокий уровень сборности и механизации строительства, но и экономически выгодным техническим решением.

Следует отметить, что в последнее время во многих случаях свайные фундаменты потеснили традиционные (ленточные сборные, монолитные, плитные и т. д.) и вытесняют другие специальные виды фундаментов, устройство которых слабо поддается индустриализации.

В настоящее время в мировой практике насчитывается свыше тысячи разнообразных конструкций и технических решений свайных фундаментов и число их растет, отличающихся по исполнению способу устройства, форме поперечного и вертикального сечения ствола свай и другим признакам.

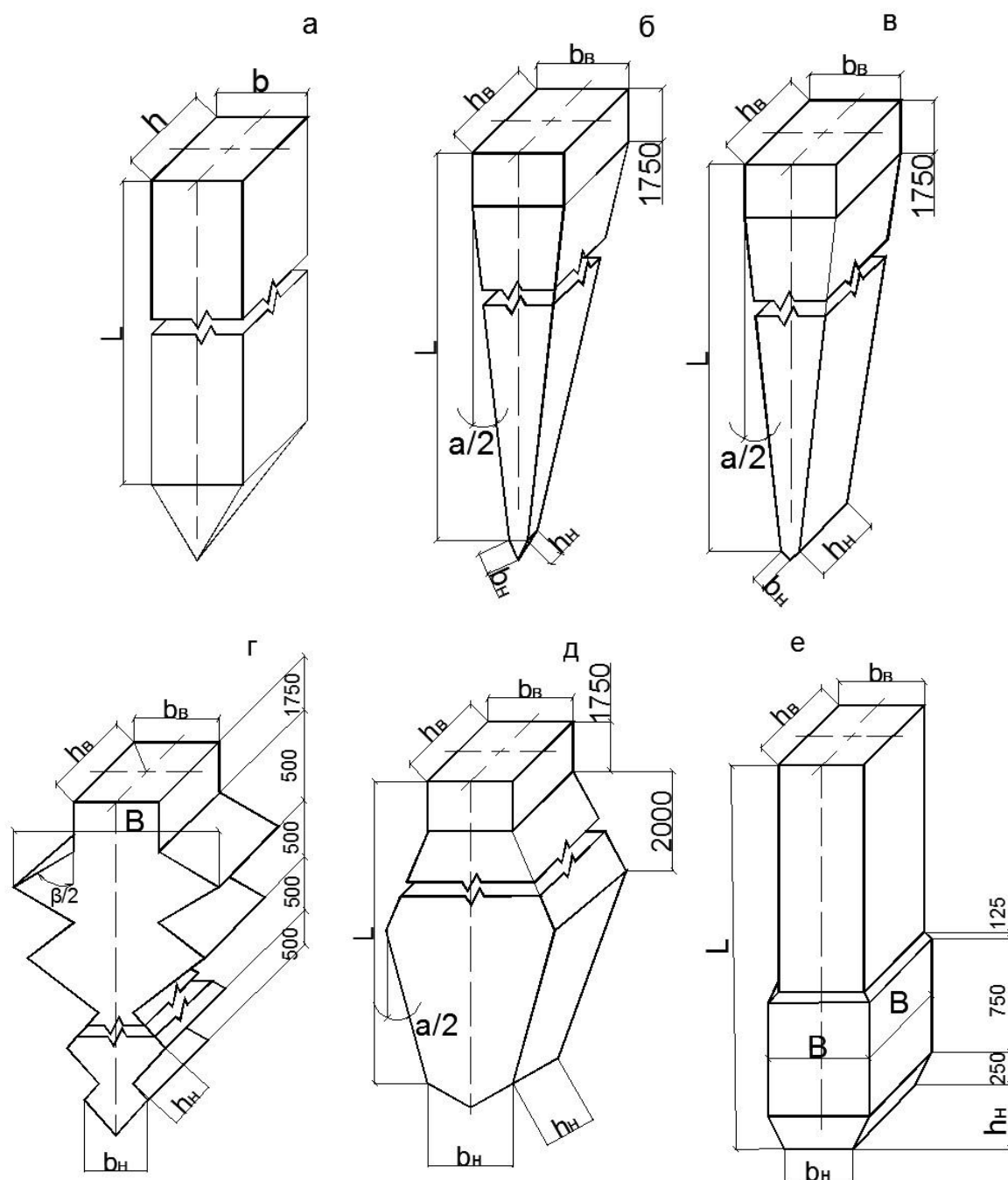
Рассмотрим достаточно распространенные и эффективные в строительстве типовые сваи заводского изготовления [1] (рис. 1).

Наиболее широкое применение получили забивные железобетонные сваи, используемые в различных конструктивных вариантах и технических решениях. В порядке убывания по применимости это могут быть забивные сваи сплошного, квадратного, прямоугольного сечения с ненапрягаемой продольной и поперечной арматурой в виде пространственного каркаса, с предварительно напряженной стержневой, проволочной и прядевой арматурой, квадратные с круглой полостью и круглые полые сваи [2].

Они характеризуются простотой конструкции, удовлетворительной, условно принимаемой за единицу, несущей способностью по грунту основания, повышенной, также условно принимаемой за единицу, энергоемкостью погружения в грунт.

Даже по распространенности идут забивные пирамидальные, клиновидные, плоскопрофилированные, ромбовидные и булавовидные железобетонные сваи. Все они значительно сложнее по конструкции, достаточно трудоемкие в изготовлении, существенно более энергоемкие при погружении в грунт, но несущая способность их по грунту основания превышает аналогичный показатель забивных призматических свай в 1,3-1,4 раза для пирамидальных, в 1,4-1,5 раза для клиновидных, в 1,8-2,3 раза для плоскопрофилированных, в 1,2-1,4 и 1,3-1,5 раза для ромбовидных и булавовидных свай соответственно. По энергоемкости погружения в грунт (по числу

ударов) при забивке их дизель-молотами они проигрывают призматическим сваям соответственно от 1,3 до 2,5 раз. Таким образом, все указанные сваи проигрывают призматическим по сложности конструкции, трудоемкости изготовления, энергоемкости погружения, но выигрывают по несущей способности, т.е. способности заменять их в грунте основания [3], что во многих случаях является более выгодным техническим решением.



а – призматическая; б – пирамидальная; в – клиновидная;
г – плоскопрофилированная; д – ромбовидная; е – булавовидная

Рисунок 1. Эффективные конструкции забивных свай для промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства.

В Брестском государственном техническом университете на кафедре ТСП разработано достаточно большое количество забивных свай для нужд промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства. Одна из

таких прогрессивных конструкций, так называемая свая с пазами на боковой поверхности и двойным наконечником, защищена патентом РБ на полезную модель №11643 [4], показана на рис. 2.

Предлагаемая железобетонная забивная свая содержит призматический ствол 1 и заостренный снизу ствoла наконечник 2, который выполнен фасонным, двойным, с поперечными углублениями 3 и продольными пазами 4 в нем по всем граням заостренными книзу. Угол сбега углублений и пазов α к продольной оси ствoла должен быть меньше угла заострения β . При оптимальном угле заострения наконечника $\beta=45^\circ$ (а это доказано многими авторами) угол сбега углублений и пазов $\alpha = 20-30^\circ$, при этом b – это ширина пазов, а σ – глубина углублений и пазов.

При наличии поперечных углублений 3, образующими двойной наконечник 2, продольных пазов 4 и указанных углах сбега углублений и пазов α в процессе забивки грунт перетекает из зоны повышенного давления (из-под наконечника 2) в зону пониженного давления (в углубления 3 к стволу 1) через продольные пазы 4, создающие ослабления в грунте, через которые грунт, словно вода в ступе, выдавливается в ослабленную зону, уменьшая плотность и давление грунта, а также число ударов на забивку свай.

Ширина пазов b должна составлять 5-10 см для свай сечением 30×30 см, а глубина пазов и углублений σ не должна превышать 5 см.

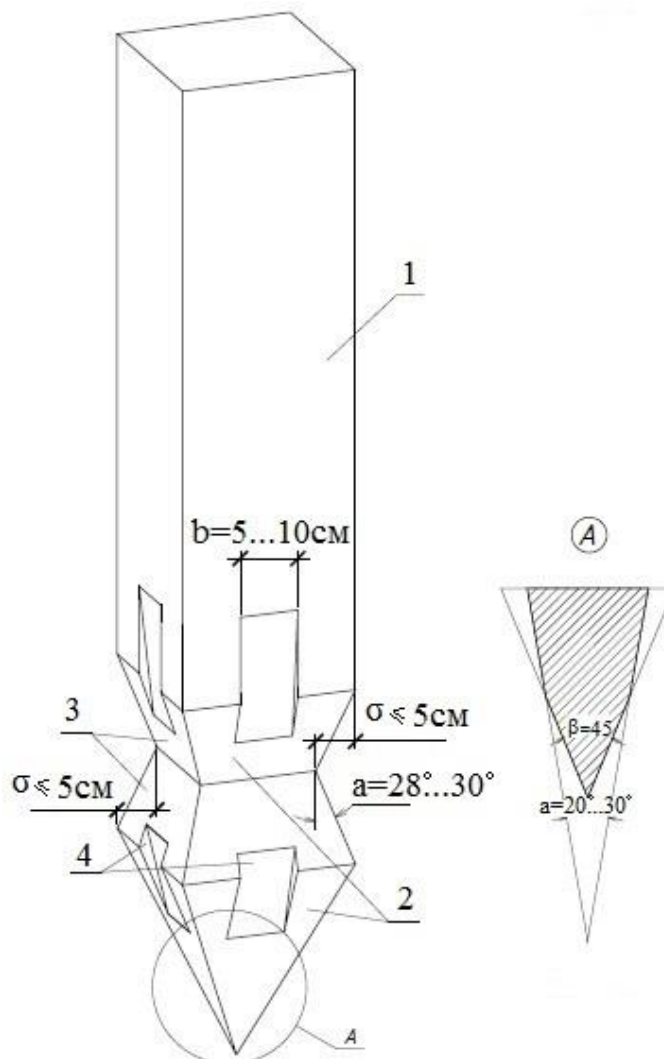


Рисунок 2. Забивная свая с пазами и углублениями на боковой поверхности ствoла с двойным наконечником.

Проведенные многочисленные модельные и натуральные экспериментальные исследования в различных грунтовых условиях показали реальное и стабильное снижение энергоемкости погружения такой сваи (на 20-30%) по сравнению с обычными забивными сваями без пазов и углублений. Более того, при статических испытаниях свай сжимающей нагрузкой они показали на столько же процентов (на 20-30%) и повышение несущей способности сваи по грунту основания, что можно объяснить большей площадью опирания сваи на грунт (наконечник — двойной, следовательно ствол опирается на грунт в двух уровнях) и большей площадью сцепления (трения) сваи с грунтом (благодаря наличию пазов и углублений). Не следует забывать, что погружение сваи — это динамический процесс, удар — мгновенный, а работа сваи в грунте и ее несущая способность — это статический процесс. При ударе любые ослабления в грунте (это пазы и углубления) способствуют снижению энергоемкости забивки, а при работе сваи в основании они малозначительны.

Конструкция сваи весьма проста, ее легко можно изготовить на существующих заводах ЖБИ. При наличии армирования сваи оно не меняется, так как глубина пазов и углублений не превышает толщины защитного слоя бетона, равной 5 см. Сами же сваи также можно изготавливать безарматурными или армировать базальтовыми волокнами, т.е. фиброй, и металлическая арматура в таком случае вообще не нужна. Снижение энергоемкости и увеличение несущей способности сваи может перекрыть все затраты на некоторое усложнение конструкции.

Список использованных источников:

1. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Мальцева Н.А. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках - Кишинев, Карта Молдовеняскэ, 1990. – 247 с.
2. Чернюк В.П., Пойта П.С. Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов. – Брест, Облтипография, 1998. – 216 с.
3. Чернюк В.П., Ивасюк В.П. Производство свайных работ в особых условиях // Германия, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. - 195 с.
4. Чернюк В.П., Пойта П.С., Бондарь А.В., Шляхова Е.И. Забивная свая. Патент РБ на полезную модель №11643, МПК Е 02Д5/00 (2006 01). Заявл. – 02.10.17. Оpubл. – 30.04.18.

Сальникова С.Р.

УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА И ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ

*Брестский государственный технический университет, ст. преподаватель
кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

В общественных зданиях следует предусматривать системы отопления, вентиляции и кондиционирования, обеспечивающие температуру, влажность, очистку и обеззараживание воздуха, соответствующие требованиям технологической части [1, 2, 3]. Температура и влажность воздуха в помещении являются важнейшими параметрами, определяющими качество микроклимата внутри помещения. Подход к решению такой задачи сводится к нахождению оптимального количества наружного

воздуха в общем расходе воздуха систем. Энергетические затраты на обработку воздуха будут меньше, если параметры обрабатываемого воздуха будут незначительно отличаться от нормативных. Это возможно, если использовать рециркуляцию, т. е. подавать воздух в обслуживаемое помещение, забирая его в том же помещении. Описанная эффективная система вентиляции и кондиционирования является практически идеальным устройством для распространения инфекционных заболеваний.

Уровень заболеваемости, обусловленный микробиологическим загрязнением воздушной среды помещений, на сегодняшний момент остается высоким. Один из путей распространения инфекционных заболеваний — аэрогенный (или воздушно-капельный), относящийся к основному способу передачи респираторных заболеваний. Это связано с тем, что воздушно-капельный бактериальный аэрозоль постоянно находится во взвешенном состоянии в воздушном объеме помещения из-за движения воздуха (конвекции), что увеличивает вероятность заражения.

Остро эта проблема стоит в местах большого скопления людей и крытых плохо вентилируемых помещениях. Предотвращение распространения заболеваний — основная задача процесса обеззараживания воздуха. Асептические аэрозоли и жидкости, применяемые для обеззараживания, вредны для человека, имеют кратковременное действие и отрицательно влияют на экологию окружающей среды.

Обеззараживание воздуха в системах вентиляции и кондиционирования обеспечивается встраиванием в вентиляционные короба и каналы бактерицидных модулей и ячеек (рис. 1). Секции бактерицидной обработки воздуха служат для дезинфекции воздушного потока в канальных системах вентиляции спортивных, медицинских, учебных, детских, пищевых производствах и прочих объектах. Устройства предназначены для экстренной очистки больших объемов воздуха от патогенной микрофлоры и химических примесей в помещениях различного назначения, в том числе лечебных, учебных и зрелищных зданиях, а также в залах метрополитена. Секции, имея закрытую конструкцию, в отличие от существующих облучателей не влияют на зрительный аппарат человека и в этой связи позволяют использовать его в помещениях в присутствии людей.

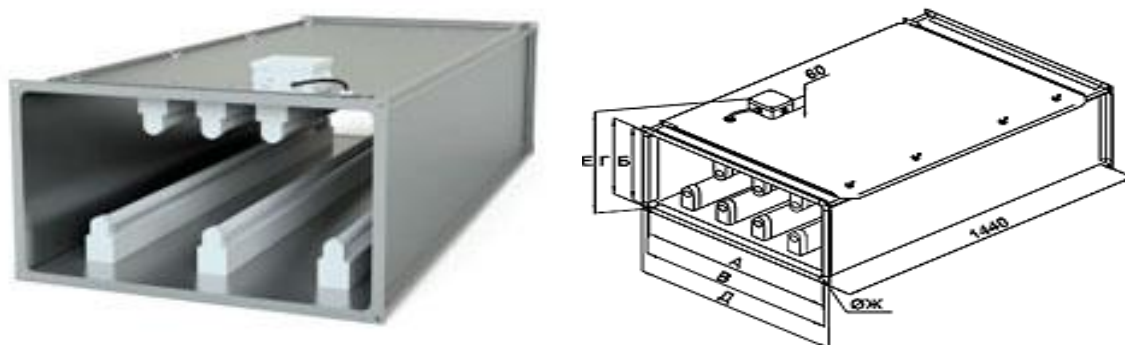


Рисунок 1. Секции бактерицидной обработки воздуха.

Данное канальное оборудование предназначено для уничтожения любой патогенной микрофлоры и различных форм заражения воздушной среды воздействием концентрированного ультрафиолетового и инфракрасного излучения, обеспечивая мгновенную летальную дозу и сжигая вредные примеси, исключая при этом отрицательное воздействие на зрительный аппарат человека.

Тип требуемой бактерицидной секции подбирается исходя из категории помещения, в котором необходимо осуществлять дезинфекцию воздуха, и расхода этого воздуха. Эти параметры отражаются в маркировке секций. Подбор секций

осуществляется в соответствии с Примером 4 Руководства Министерства здравоохранения Республики Беларусь Р 3.5.1904-04. Типоразмер секций и их количество подбираются в зависимости от требуемого расхода воздуха и категории обеззараживаемого помещения.

Методика расчета

Требуемый бактерицидный поток рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{бк}} = (N_v \cdot L) / 3600 ,$$

где $\Phi_{\text{бк}}$ – требуемый бактерицидный поток, Вт;

N_v – требуемая объёмная бактерицидная доза, Дж/м³;

L – расход воздуха, м³/ч.

$$N_{\text{л}} = \frac{L \cdot N_v \cdot K_3}{\Phi_{\text{бк.л}} \cdot K_{\text{ф}} \cdot 3600} ,$$

где $N_{\text{л}}$ – требуемое количество ламп;

L – расход воздуха, м³/ч.;

N_v – требуемая объёмная бактерицидная доза, в зависимости от категории помещения, Дж/м³;

K_3 – коэффициент запаса;

$\Phi_{\text{бк.л}}$ – бактерицидный поток одной лампы;

$K_{\text{ф}}$ – коэффициент использования бактерицидного потока;

Выбирается лампа или несколько ламп с большим, чем расчётный, суммарным бактерицидным потоком. При этом расход воздуха через секцию не должен превышать максимально допустимого.

К факторам, влияющим на работу бактерицидных ламп, следует отнести:

- Колебания напряжения сети. Колебания напряжения питания не более $\pm 10\%$ учитываются увеличением коэффициента запаса на $K_1=0,15$.
- Колебания температуры окружающего воздуха. При температуре ниже 10°C сокращается срок службы ламп. Учитывается увеличением коэффициента запаса на $K_2=0,15$.
- Снижение бактерицидного потока ламп в течение срока службы. Учитывается при расчете посредством увеличения коэффициента запаса на $K_3=0,3$.
- Влияние относительной влажности и запыленности воздушной среды. При относительной влажности более 80% снижается бактерицидное действие ультрафиолетового излучения. Учитывается увеличением коэффициента запаса на $K_4=0,3$.
- Запыленность колбы лампы и отражателя облучателя учитывается увеличением коэффициента запаса на $K_5=0,1$.

В зависимости от количества и мощности источников энергии, размеров концентратора и длины световода можно создать высокопотенциальное энергетическое поле, которое с учетом особенностей устройства позволяет:

1. При бактерицидной обработке воздуха обеспечить летальную дозу для любых микроорганизмов и спор при весьма малой экспозиции. Радиационные условия сжигают любые примеси в воздухе за относительно короткий промежуток времени. Это позволяет обработать большие объемы воздуха в замкнутом пространстве помещения.
2. При химическом заражении воздуха реализуется высокотермическая обработка воздуха инфракрасным концентрированным излучением. Такое излучение создает в световоде температуру $500-1000^\circ\text{C}$, что полностью сжигает отравляющие частицы и газы различного химического состава.

3. Конструктивно объединить два метода очистки воздушной среды: ультрафиолетовый и термический.
4. Использовать специальное воздухозаборное приспособление, которое даст возможность обработать воздух из любых зараженных зон здания
5. Разработать номенклатурный ряд установок с различной энергетической мощностью, спектральному составу излучения и количеству обрабатываемого воздуха.

Заключение

Обеззараживание воздуха в системах вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления, использующих режим рециркуляции, является необходимым требованием соблюдения условий санитарно-эпидемиологической безопасности в помещениях промышленных и общественных зданий с большим скоплением людей при длительном пребывании.

Список использованных источников:

1. ТКП 45-3.02-209-2010 (02250) Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования. / Минск, 2011. – 33 с.
2. ТКП 45-3.02-189-2010 (02250) Общественные здания и помещения административного назначения. Правила проектирования. / Минск, 2011 – 21с.
3. ТКП 45-3.02-325-2018 Общественные здания. Строительные нормы проектирования. / Минск, 2018. – 60с.
4. Предприятие МаксАЭРО. Секции бактерицидной обработки воздуха SBOW. ТУ 4863-019-87654919-2009 Паспорт, инструкция по монтажу.
5. Руководство Р 3.5.1904–04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях.
6. Борисоглебская А.П. Современные методы обеззараживания воздуха в помещениях. – М.: АВОК №2, 2009.
7. <http://www.findpatent.ru/patent/235/2355427.html>. Дата доступа: 20.03.2019г. Время доступа: 14.45.

Андреюк С.В., Житенёв Б.Н.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НИТРАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ПЛАНИРОВАНИЕМ

Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, ст. преподаватель кафедры ВВиОВР, к.т.н., доцент, профессор кафедры ВВиОВР.

Введение. Многофакторный эксперимент широко используется в современной научной деятельности и является эффективным средством обработки и планирования экспериментальных исследований [1]. Планированием многофакторного эксперимента называется процедура выбора числа опытов и условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Независимые, переменные величины влияющие на процесс принято называть факторами. Так в процессах очистки воды факторами могут быть: доза коагулянта, доза флокулянта, продолжительность процесса, скорость фильтрации, величина

отношения высоты загрузки фильтрационной колонки к ее диаметру, температура и т.п. Основное требование к факторам — управляемость. Под управляемостью понимается установление нужного значения фактора (уровня) и поддержание его в течение всего опыта. Кроме требования к управляемости выбранных факторов, есть еще несколько требований: для любой пары факторов должно выполняться условие совместимости; факторы должны быть независимыми; быть однозначными; непосредственно воздействовать на параметр оптимизации.

Протекание процесса количественно характеризуется одной или несколькими величинами, например, эффект очистки воды, остаточное содержание примеси (например, нитратов) и т.п. Такие величины называют функциями отклика. Математические методы оптимального планирования экспериментов позволяют получить математическую модель процесса даже при отсутствии данных о его механизме. Математические модели, полученные с помощью методов планирования экспериментов принято называть экспериментально-статистическими [2, 4]. При применении статистических методов планирования эксперимента математическое описание представляется в виде полинома:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

где Y – функция отклика (величина, качественно характеризующая протекание процесса),

x_1, x_2, x_3 – влияющие факторы (аргументы) исследуемого процесса.

Ценность математического описания заключается в том, что оно дает информацию:

- о закономерностях влияния отдельных факторов на функцию отклика;
- позволяет количественно определить значение функции отклика при заданных значениях факторов;
- может служить основой для оптимизации процесса.

Многофакторный процесс ионообменной очистки. Поскольку процесс ионообменной очистки является многофакторным, с целью сокращения затрат времени и материальных средств на выполнение исследований был применен математический метод оптимального планирования эксперимента, позволивший получить математическую модель процессов ионообменной очистки подземных вод от нитратов [3]. Процесс нахождения математической модели включал в себя: планирование эксперимента, проведение эксперимента на объекте исследований; проверка воспроизводимости эксперимента; получение математической модели объекта с проверкой статистической значимости выборочных коэффициентов регрессии; проверка адекватности математического описания.

Исследования механизма очистки подземных вод от азотистых соединений методом ионного обмена выполнены на экспериментальной установке, представляющей собой модель ионообменного фильтра – фильтрационную колонку, загруженную ионообменной смолой марки «Purolite NRW-600(OH)» – сильноосновным анионитом. В качестве имитата загрязненной воды использовали водопроводную воду с добавкой нитратов в количестве 90 ± 100 мг/дм³ (20 мг/дм³ по нитратному азоту), что соответствует концентрации, в два раза превышающей предельно допустимую. Целью экспериментальных исследований являлось изучение влияния на эффективность процесса очистки воды от нитратов основных факторов при работе ионообменной колонки:

- скорость фильтрации воды V , м/ч;
- величина отношения высоты загрузки фильтрационной колонки к ее диаметру H/d ;

- температура обрабатываемой (очищаемой) воды t , °C.

Задача исследований: на основе применения математических методов оптимального планирования эксперимента при проведении испытаний получить закономерности процессов очистки природных вод от нитратов на различных ионообменных смолах в виде экспериментально-статистических уравнений регрессии, отражающих эффективность работы установки в любом заданном режиме ведения процесса ионообменной очистки.

Для нахождения области оптимума был произведен экспериментальный поиск и затем в оптимальной области осуществлен ротатабельный план второго порядка, при котором факторы варьировались на пяти уровнях.

Результаты эксперимента, выполненного по матрице ротатабельного центрального композиционного планирования были обработаны на ЭВМ с помощью программы "STATGRAPHICS-statistical Graphics System", на основании чего составлены уравнения регрессии $\mathcal{E} = f(V, H/d, t)$ в виде многочленов второй степени от трех переменных (в кодированных и физических переменных):

1) для анионита марки «Purolite NRW-600(OH)»

$$Y = 98,48 - 3,70X_1 + 6,23X_2 + 3,67X_3 + 6,02X_1X_2 - 0,21X_1X_3 - 0,21X_2X_3 - 12,89X_1^2 - 16,57X_2^2 - 11,27X_3^2; \quad (1)$$

$$\mathcal{E} = 2,83 \cdot V + 8,84 \cdot H/d + 6,87 \cdot t + 0,14 \cdot V \cdot H/d - 0,01 \cdot t \cdot H/d - 0,13 \cdot V^2 - 0,94 \left(H/d \right)^2 - 0,18 \cdot t^2 - 11,72, \%; \quad (2)$$

2) для анионита марки «AB-17-8чС»

$$Y = 99,91 - 6,97X_1 - 3,22X_2 + 5,93X_3 + 4,80X_1X_2 + 0,76X_1X_3 + 0,64X_2X_3 - 15,79X_1^2 - 14,97X_2^2 - 16,76X_3^2; \quad (3)$$

$$\mathcal{E} = 3,30 \cdot V + 5,66 \cdot H/d + 9,93 \cdot t + 0,11 \cdot V \cdot H/d + 0,01 \cdot V \cdot t + 0,02 \cdot t \cdot H/d - 0,16 \cdot V^2 - 0,85 \cdot \left(H/d \right)^2 - 0,26 \cdot t^2 - 27,88, \%; \quad (4)$$

3) для анионита марки «Lewatit MonoPlus® SR 7»

$$Y = 99,97 - 2,29X_1 + 3,07X_2 + 5,70X_3 + 7,47X_1X_2 + 0,61X_1X_3 + 0,61X_2X_3 - 14,66X_1^2 - 16,43X_2^2 - 14,08X_3^2; \quad (5)$$

$$\mathcal{E} = 3,14 \cdot V + 7,05 \cdot H/d + 8,43 \cdot t + 0,12 \cdot V \cdot H/d + 0,01 \cdot V \cdot t + 0,02 \cdot t \cdot H/d - 0,15 \cdot V^2 - 0,93 \cdot \left(H/d \right)^2 - 0,22 \cdot t^2 - 23,58, \%. \quad (6)$$

Проверка воспроизводимости опытов осуществлялась с помощью критерия Кохрена (для опытов в центре плана $G_{\text{расч}}=0,530$; $G_{\text{табл}}=0,616$). Значимость коэффициентов регрессии определялась с учетом значения критерия Стьюдента ($t=2,57$ для доверительной вероятности $P=0,95$ и 5 степеней свободы). Адекватность зависимостей подтверждена по критерию Фишера при 5%-ном уровне значимости ($F_{\text{расч}}=3,80$, $F_{\text{табл}}=5,05$).

С помощью данных уравнений можно прогнозировать эффективность работы установки в любом заданном режиме ведения процесса ионообменной очистки.

Анализ выражений (2,4,6) по определению $\mathcal{E}_{\text{макс}} = 100\%$ в зависимости от V , t и H/d , выполненный с использованием свойства функции, имеющей экстремум (в точке экстремума первая производная функции равна нулю), позволил установить, что максимальный эффект удаления нитратов достигается при определенных значениях факторов $V=13$ м/ч, $t=18^\circ\text{C}$ и $H/d=5$ [5].

Заключение

1. После проведение трехфакторного рототабельного эксперимента и обработки его результатов были получены уравнения регрессии 2-го порядка, которые являются экспериментально-статистическими моделями процесса ионообменной очистки воды от нитратов, все коэффициенты регрессии уравнений значимы.

2. Установлены интервалы значений оптимальных параметров, при которых достигается наименьшая остаточная концентрация нитратов в обработанной воде, то есть наибольший эффект удаления нитратов: $H/d=5\div 8$, $t=10\div 18^\circ\text{C}$, $V=10\div 15$ м/ч.

3. Полученные экспериментально-статистические модели процесса ионообменной очистки позволяют представить поверхность отклика на факторной плоскости линиями зависимости остаточной концентрации нитратов от величины отношения высоты загрузки фильтрационной колонки к ее диаметру H/d , от температуры обрабатываемой воды t , от скорости фильтрации V .

Список использованных источников:

1. Дегтярев, Д.А. Пошаговая методика проведения многофакторного эксперимента. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://manyfactors.ru>. – Дата доступа: 07.01.2019.
2. Мухачёв, В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: учеб.-метод. пособие / В.А. Мухачев. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 118 с.
3. Андреюк, С.В. Исследование методов физико-химической очистки природных вод от нитратов / С.В. Андреюк // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брест, 6–8 апреля 2016 г. : в 2-х ч. / УО «Брестский гос. технический ун-т.»; под ред. А.А. Волчека [и др.]. – Брест, 2016. – Ч. II. – С. 159–163.
4. Саутин, С.П. Планирование эксперимента в химии и химической технологии / С. П. Саутин. – Л.: Химия, 1975. – 47 с.
5. Житенев, Б.Н. Исследование метода ионообменной очистки природных вод от нитратов / Б.Н. Житенев, С.В. Андреюк, М.А. Таратенкова // Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых «Современные тенденции развития науки», Ровно, 12 мая 2016 г. / Национальный ун-т водного хоз-ва и природопользования. – Ровно, 2016. – С. 132–134.

Молош В.В., Томашев И.Г.

ОБЗОР МЕХАНИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕЗУ ПРИ ПРОДАВЛИВАНИИ В РАСЧЕТАХ ПЛОСКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ БЕЗ ПОПЕРЕЧНОЙ АРМАТУРЫ

Брестский государственный технический университет, кафедра прикладной механики

Введение. Большинство эмпирических математических моделей не отвечает на вопрос о том, как происходит перераспределение внутренних сил в плите. Это понимание может быть получено только при использовании механической модели, учитывающей напряжения и деформации в арматуре и бетоне, а также описывающей механизм разрушения под нагрузкой узла сопряжения плиты и колонны. В большинстве моделей для этого прибегают к делению железобетонной плиты на блоки или, учитывают распределение напряжений по поверхности наклонной трещины. Блочные модели (модель S. Kinnunen и H. Nylander [3], модель T. Georgopoulos [2]) зачастую учитывают ограниченную область материала, воспринимающую нагрузку, и не учитывают передачу внутренних сил в смежных областях, как например в моделях ферменной аналогии или моделях подкосов и затяжек. В других моделях, построенных на теории пластичности (модель J. Moe [5], модель Ph. Menetrey [4], Модель Z.P. Vařant и Z. Cao [0]), основным критерием сопротивления выступают предельные растягивающие напряжения в бетоне.

Поскольку проблема среза при продавливании является достаточно сложной, общепринятая модель для проектирования до сих пор не разработана. В нормативных документах по-прежнему предложены математические формулы для перерезывающей силы, распределенной по контрольной площади, полученные на основании эмпирически данных. Ниже рассмотрены лишь некоторые механические модели сопротивления срезу при продавливании, которые уже принято называть классическими.

Модель S. Kinnunen и H. Nylander [3]

Предельная перерезывающая сила для плит без поперечного армирования вычисляется по выражениям (1) и (2) при достижении равенства $V_{u,c}$ и $V_{u,s}$, которое осуществляется изменением высоты сжатой зоны бетона k_x .

$$V_{u,c} = k\pi\eta d^2 k_x \frac{1 + \frac{2k_x}{k_x}}{1 + \frac{k_x}{\eta}} f_c \cdot f(\alpha), \quad (1)$$

где $\eta = \frac{c_2}{d}$ и $f(\alpha) = \frac{\tan \alpha (1 - \tan \alpha)}{1 + \tan^2 \alpha}$,

$$V_{u,s} = k4\pi\rho_l f_y d r_f \left[1 + \ln \left(\frac{\delta d}{2r_u} \right) \right] \frac{1 - \frac{k_x}{3}}{\delta - \eta}, \quad [\text{МН}] \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) и далее: $V_{u,c}$ – составляющая перерезывающей силы, воспринимаемая бетоном; $k = 1,1$ поправочный коэффициент для плит с армированием в двух направлениях и колонной квадратного сечения (для круглых плит с круглой колонной $k = 1,0$); π – математическая константа; α – угол наклона трещины среза; d – рабочая высота плиты; k_x – высоты сжатой зоны бетона; f_c – прочность бетона при осевом сжатии, в уравнение (1) подставляют в МПа; c_2 – длина

стороны (диаметра) колонны; $V_{u,s}$ – составляющая перерезывающей силы, воспринимаемая продольной арматурой; ρ_l – коэффициент продольного армирования; f_y – сопротивление продольной арматуры, соответствующее пределу текучести, в МПа; r_f – радиус колонны или длина половины стороны колонны; $\delta = l_{плиты} / d$; $l_{плиты}$ – диаметр окружности, очерченной сечением с нулевым моментом; r_u – радиус, отсчитываемый от оси колонны до центра тяжести растянутой арматуры в наклонной трещине.

Модель J. Мое [5]

В 1961 г. J. Мое [5] предложил рассматривать одновременно две формы разрушения в предельном состоянии. Первоначально рассчитывают поперечную силу V_{flex} , соответствующую предельному сопротивлению при изгибе по нормальному сечению у колонны. Выражение для определения предельной перерезывающей силы при продавливании V_u J. Мое получил в следующем виде:

$$V_u = \frac{1,246 \cdot (1 - 0,059\eta) \cdot u_{col} d \sqrt{f_c}}{1 + \frac{0,436}{V_{flex}} u_{col} d \sqrt{f_c}}, \quad (3)$$

$$V_{flex} = C\omega(1 + 0,29\omega)d^2 f_c, \quad (4)$$

$$\omega = \rho \frac{f_y}{f_c}, \quad \eta = \frac{c_2}{d}, \quad (5)$$

где

u_{col} – периметр колонны; C – коэффициент, который для соответствующих условий нагружения выражен отношением предельного изгибающего момента в плите к реакции в колонне V_{flex} .

Аналитическая модель Ph. Menetrey [4]

В общем случае считают, что разрушение происходит после достижения в наклонной трещине предельных напряжений растяжения. Предельную перерезывающую силу при этом предложено определять согласно выражению:

$$F_{pun} = F_{ct} + F_{dow} + F_{sw} + F_p, \quad (6)$$

где F_{ct} , F_{dow} , F_{sw} , F_p – вертикальные проекции равнодействующих соответственно растягивающих сил в бетоне, силы, вызванной нагельным сопротивлением продольной арматуры, силы в поперечной арматуре, силы в предварительно напряженных канатах.

$$F_{ct} = \pi(r_1 + r_2)s \cdot \sigma_v = \pi(r_1 + r_2)s \cdot f_{ct}^{2/3} \xi \eta \mu, \quad (7)$$

$$r_1 = r_f + \frac{1}{10} \frac{d}{\tan \alpha}, \quad r_2 = r_f + \frac{d}{\tan \alpha}, \quad s = \sqrt{(r_2 - r_1)^2 + (0,9d)^2},$$

$$\xi = \begin{cases} -0,1\rho_l^2 + 0,46\rho_l + 0,35 & 0 < \rho_l < 2\% \\ 0,87 & \rho_l \geq 2\% \end{cases}, \quad [\text{МПа}^{1/3}], \quad \mu = 1,6 \cdot (1 + d/d_a)^{-1/2},$$

$$\eta = \begin{cases} 0,1(r_s/h)^2 - 0,5(r_s/h) + 1,25 & 0 < r_s/h < 2,5 \\ 0,625 & r_s/h \geq 2,5 \end{cases},$$

где f_{ct} – предел прочности бетона на осевое растяжение; s – длина наклонной трещины; r_f – радиус колонны; ξ , η , μ – безразмерные коэффициенты; ρ_l следует применять в процентах; d_a – максимальный размер заполнителя; h – толщина плиты.

$$F_{dow} = \frac{1}{2} \sum_{bars} \phi_s^2 \sqrt{f_c f_{ct} (1 - \zeta^2)} \sin \alpha, \quad (8)$$

где суммирование выполнено для всех стержней продольной арматуры, пересекающих наклонную трещину; ϕ_s – диаметр стержней продольной арматуры;

$$\zeta = \sigma_s / f_t$$

σ_s – продольные напряжения в растянутом арматурном стержне:

$$\sigma_s = \frac{F_{pun} / \tan \alpha}{\sum^{bars} A_s}$$

Модель сопротивления Т. Georgopoulos [2]

В модели, разработанной Т. Georgopoulos [2] в 1988-1989 гг., главными параметрами являются прочность бетона при растяжении f_{ctk} и механический индекс армирования ω . Т. Georgopoulos получает уравнение (12) для вычисления предельной продавливающей силы:

$$P_u = 4,13 \cdot f_{ct} \cdot d^2 \cdot \cot \alpha \cdot \left(\frac{\lambda}{2} + 0,2 + 0,35 \cdot \cot \alpha \right) \quad [\text{МН}], \quad (9)$$

$$\tan \alpha = \frac{0,056}{\omega} + 0,3, \quad \omega = \rho_l \cdot \frac{f_y}{f_c},$$

где $\lambda = d_{st} / d$; d_{st} – диаметр колонны; ω – механический индекс армирования.

Модель Z.P. Vařant и Z. Cao [0]

В 1987 г. Z.P. Vařant и Z. Cao [0] выдвинули предположение, что предельная продавливающая сила должна определяться из рассмотрения уравнений равновесия с учетом энергии разрушения, а не построением критериев прочности только для предельного состояния. В экспериментальных исследованиях Z.P. Vařant и Z. Cao установили, что наибольшее влияние на сопротивление продавливанию оказывает высота плиты. Предельную продавливающую силу Z.P. Vařant и Z. Cao предложили определять по уравнению

$$V_u = \pi v_u b d \quad (10)$$

$$v_u = C \left(1 + \frac{d}{\lambda_0 \cdot d_a} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (11)$$

где

$$C = 0,155 \cdot f_c \left(1 + 0,35 \frac{d}{u_{col}} \right),$$

при

где $\lambda_0 = 28,5$ – эмпирический параметр, характеризующий энергию нормального отрыва материала и форму конструкции.

Анализ рассмотренных механических моделей

Проверка достоверности и сравнение приведенных моделей сопротивления срезу при продавливании выполнена путем сравнения экспериментальных и расчетных значений продавливающих сил. Экспериментальные данные содержали информацию об образцах, исследованных как зарубежными авторами, так и самостоятельно [6] и были собраны в выборку, объем которой составил 250 экспериментальных образцов. В целом все расчетные модели кроме модели Z.P. Vařant и Z. Cao [0], которая дает в среднем 8 % превышения, достоверно оценивают величину перерезывающих сил при продавливании.

Модель Ph. Menetrey [4] наиболее точно оценивает влияние параметров ρ_l и d . Влияние f_c с ее ростом снижается. Из таблицы 1 видно, что статистические параметры $V_x = 0,196$ для значения V_{calc} / V_{exp} , $V_\delta = 0,196$ и $r_{ik} = 0,973$, сопоставимым со значениями, полученными для эмпирических моделей в действующих нормативных документах. Одним из факторов влияющих на это может быть учёт влияния моделью

Ph. Menetrey [4] параметров ρ_l и d эмпирическими зависимостями, полученными аппроксимацией по базе данных аналогичной той, которая использована в данной работе. Следует также отметить, что модель Ph. Menetrey [4] является единственной моделью из рассматриваемых, которая в своей полной форме учитывает влияние поперечной арматуры и предварительного напряжения арматуры (в рамках данной работы указанные зависимости не приведены).

Таблица 1 – Результаты статистического анализа при сравнении расчетных и экспериментальных величин продавливающих сил

| Модель | $\min\left(\frac{V_{calc}}{V_{exp}}\right)$ | $\max\left(\frac{V_{calc}}{V_{exp}}\right)$ | $m\left(\frac{V_{calc}}{V_{exp}}\right)$ | r_{ik} | V_x | b | V_δ |
|-------------------------------|---|---|--|----------|-------|-------|------------|
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | 8 |
| S. Kinnunen и Н. Nylander [3] | 0,096 | 1,329 | 0,678 | 0,922 | 0,343 | 1,368 | 0,429 |
| J. Moe [5] | 0,184 | 1,259 | 0,838 | 0,978 | 0,195 | 1,183 | 0,221 |
| Ph. Menetrey [4] | 0,327 | 1,059 | 0,598 | 0,973 | 0,196 | 1,768 | 0,198 |
| T. Georgopoulos [2] | 0,199 | 1,701 | 0,936 | 0,907 | 0,292 | 1,144 | 0,337 |
| Z. P. Vařant и Z. Cao [0] | 0,423 | 2,534 | 1,079 | 0,907 | 0,364 | 0,736 | 0,363 |

В таблице приняты следующие обозначения:

\min , \max , m – соответственно минимальное, максимальное и среднее значения;

r_{ik} – коэффициент корреляции расчетных и экспериментальных сопротивлений продавливанию;

b – поправочный коэффициент для среднего значения;

V_δ – коэффициент вариации для вектора ошибок δ .

Модель J. Moe [5] (1961) приводит к удивительно хорошим результатам с точки зрения большинства статистических характеристик: близкое к единице значение среднего отношений V_{calc} / V_{exp} составившее 0,838, наименьший $V_x = 0,195$, и относительно небольшой $V_\delta = 0,196$, но при этом наибольший $r_{ik} = 0,973$. Модель J. Moe [5] достаточно точно оценивает влияние f_c (рисунок 4) вплоть до больших значений, свойственных высокопрочным бетонам. Влияние ρ_l и d оцениваются менее точно. При $\rho_l > 0,06$ применение модели становится не безопасным. Ключом к высокой точности предсказания величины перерезывающих сил может служить предложенная J. Moe связь между сопротивлением изгибу и срезу, а также использованный механический коэффициент $\omega = \rho_l f_y / f_c$, вместо строго геометрического коэффициента ρ_l . По модели T. Georgopoulos [2] (1987) получен относительно небольшой $V_x = 0,196$. При $\rho_l > 0,023$ расчетные значения перерезывающих сил значительно превышают экспериментальные значения. Несмотря на относительно большой $r_{ik} = 0,907$, коэффициент V_δ составляет 0,337. Влияние рабочей высоты плиты d и прочности бетона на осевое сжатие f_c учтено достаточно безопасно (рисунок 4). Модель S. Kinnunen и Н. Nylander [3] (1960, 1961) и модель Z.P. Vařant и Z. Cao [0] наименее адекватно оценивают величину расчетных перерезывающих сил. Модель S. Kinnunen и Н. Nylander [3] при $\rho_l > 0,023$ приводит к небезопасному состоянию. А модель Z.P. Vařant и Z. Cao [0] в целом не безопасна и дает завышенные расчетные значения перерезывающих сил и особенно при повышении f_c и рабочей высоты плиты d .

Заключение

1. К настоящему времени разработано достаточно большое количество механических моделей сопротивления срезу при продавливании, которые опираются в своей основе на принципы и правила механики твердого тела, а именно на: уравнения равновесия, уравнения, описывающие физические свойства материалов,

уравнения совместности деформаций, критерии разрушения. Тем не менее единой общепринятой механической модели сопротивления, адекватно отвечающей экспериментальным данным, до сих пор не разработано. В большинство нормативных документов введены сугубо математические зависимости, не имеющие в своей основе физического и механического смысла, но отвечающие большей достоверностью в предсказании расчетных величин перерезывающих сил в границах их апробации. Все механические модели условно можно разделить на три основные группы: модели базирующиеся на уравнениях механики твердого деформируемого тела; модели аналогий – ферменной аналогии, подкосов и затяжек; модели, построенные на теории пластичности. Такое деление условно по причине того, что многие модели могут быть отнесены одновременно к двум или ко всем трем группам.

2. По причине того, что в узле сопряжения плиты и колонны под нагрузкой создается сложное напряженно-деформированное состояние, описать явление среза при продавливании только методами механики до сих пор не удалось. Поэтому практически во всех механических моделях некоторые уравнения построены на математических зависимостях, полученных аппроксимацией экспериментальных данных.

3. Из анализа рассматриваемых моделей установлено, что наиболее адекватными моделями можно считать модель J. Moe [5] и модель Ph. Menetrey. Несмотря на то, что модель J. Moe [5] является в меньшей степени «механической», чем «математической», она позволяет с большой точностью определять величину перерезывающих сил в широких пределах варьирования ρ_l , d и f_c . В модели, разработанной Ph. Menetrey, влияние ρ_l , d и f_c также описано «математическими» функциями. Несколько менее точной является модель, разработанная T. Georgopoulos [2]. Расчетная модель, предложенная Z.P. Bažant и Z. Cao [0] значительно завышает величину перерезывающих сил, что приводит к относительно большим V_x и V_δ . Модель S. Kinnunen и H. Nylander [3] является наименее точной.

Список использованных источников:

1. Bažant, Z.P. Size effect in punching shear failure of slabs / Z.P. Bažant, Z. Cao // ACI-Struct. Journ. – 1987. – Vol. 84, Jan.-Febr. – P. 44–53.
2. Georgopoulos, T. Durchstanzlast und Durchstanzwinkel punktförmig gestützter Stahlbetonplatten ohne Schubbewehrung / T. Georgopoulos // Bauingenieur. – 1989. – № 64. – S. 187–191.
3. Kinnunen, S. Punching of concrete slabs without shear reinforcement / S. Kinnunen, H. Nylander // Transactions of the Royal Inst. of Technology. – Stockholm, 1960. – Nr. 158.
4. Menetrey, Ph. Numerical analysis of punching failure in reinforced concrete structures / Ph. Menetrey // Dep. de Genie Civil, EPFL Lausanne, 1994. – These № 1279. – P. 179.
5. Moe, J. Shearing strength of reinforced concrete slabs and footings under concentrated loads / J. Moe // Portland Cement Association Research and Development Laboratories. 5420 Old Orchard Road. – Skokie, Illinois, 1961. – April – P. 144.
6. Молош, В.В. Сопротивление срезу при продавливании самонапряженных плоских железобетонных элементов без поперечного армирования: дис. к-та тех. наук : 05.23.01 / В.В. Молош. – Брест, 2000. – 225 л.
7. Основы проектирования строительных конструкций = Основы проектирования будаунических конструкций: ТКП EN 1990-2011. – Введ. 15.11.2012. – Минск: СЕН/ТС 250 «Конструкционные Еврокоды»: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 70 с.

Галимова Н.П.

О ВНЕДРЕНИИ УСТАНОВКИ ГЛУБОКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В Г. БРЕСТЕ

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина

Вопросы экономического развития и, в первую очередь, развития такой ведущей отрасли как энергетика являются актуальными в наши дни.

Начало развития энергетики в западных регионах Беларуси совпадает по времени с самым начальным периодом ее зарождения в России. Удачное положение региона на перекрёстке водных путей, а также завершение в 1882 г. строительства участка железной дороги Пинск – Жабинка, а в 1884 г. – линии Пинск – Лунинец способствовали развитию г. Пинска и Пинскому уезду. Первая промышленная энергетическая установка на Полесье была создана в конце XIX в. в г. Пинске в бывших главных мастерских Полесских железных дорог, которые к тому времени стали не только самым крупным индустриальным предприятием города, но и самым передовым по технической оснащённости. По объёму производства они не имели себе равных в Беларуси и считались лучшими мастерскими такого рода в России.

В годы первой мировой войны в Пинске продолжались работы по созданию собственной электростанции. Так в отчёте Полесского воеводства за 1924 г. [1] указывается, что Пинская городская электростанция действует с 1916 г. Выработка электроэнергии на ней составила в 1922 г. 136800, в 1923 г. – 94400 квт. ч. В отчёте за 1923 г. говорится, что городская электростанция досталась полякам в качестве «наследства» (имеется ввиду России) от оккупантов и приобретена магистратом у органов трофейного военного имущества «Диамой» [2].

В этом же отчёте указывается, что в Пинском воеводстве среди предприятий общественного пользования нет ни одной «газовни» и никаких водопроводных сооружений. В то же время в г. Бресте возникла идея устройства городского водопровода, но, увы, отсутствие должных материальных и финансовых средств не позволило её осуществить. Что касается электростанций, построенных российскими властями, то они были ликвидированы, так как не было средств для их выкупа и дальнейшего использования. Однако было ещё ряд местечек, где до этого времени сохранились сети проводки в домах и уличное освещение, но самих электростанций уже не было, так как они требовали капитального ремонта, а желающих вложить средства с целью дальнейшей их эксплуатации не оказалось.

В абонентской книге Пинской городской электростанции за 1921 г. указывалось, что мощность электролампочек, установленных у потребителей, была преимущественно 16 и 25 ватт. Оплата за пользование электроэнергией производилась по месячным ставкам: за 16-ватную лампочку – 150 марок, за 25-ватную – 200 марок. Всего в городе насчитывалось около одной тысячи абонентов. Электрификацией были охвачены все основные улицы. В учреждениях электричество использовалось очень экономно. Так, например, в кабинете поветового старосты имелись три лампочки мощностью 25 ватт и одна – 50 ватт, а в его приёмной одна на 25 и одна на 50 ватт. В кабинете начальника полиции были установлены только две лампочки. Магистрат г. Пинска в связи с инфляцией и убыточностью электростанций, принял в 1922 г. решение о временной передаче оборудования станции Пинскому заводу братьев Лурье («Тоболь»). В договоре от 10 апреля 1922 г. уточнялось наличие оборудования: электрогенератор переменного трёхфазного тока напряжением 3000 вольт на 92 ампера, электрогенератор постоянного тока 220 вольт на 130 ампер,

трансформатор, приводные ремни, трансмиссия. Согласно договора магистрат своими силами обслуживал электрогенераторы, передаточные и распределительные устройства, приборы и аппараты, а также уличное освещение города.

Вместе с оборудованием для электростанции магистрат передал железной дороге и городские электросети, которые после прекращения действия договора должны были быть возвращены городу в технически исправном состоянии, не требующем в течение последующих двух лет капитального ремонта. В договоре подробно был изложен порядок обслуживания сетей, подключения новых абонентов, контроля за состоянием электропроводок у потребителей и оплаты за пользование электроэнергией. Железная дорога взяла на себя обязательство в течение первых пяти лет действия документа выделять городу по себестоимости по 10 кВт одновременной нагрузки для освещения зданий магистрата и улиц. А в последующем постепенно увеличивать этот отпуск и довести его до 30 кВт в последнем году действия договора. Обслуживание сетей уличного освещения осуществляла электростанция железной дороги за свой счёт, а арматуру светильников и лампочки предоставлял магистрат.

Железнодорожная электростанция в 1922 г. выработала 44445 кВтч электроэнергии, в 1923 г., т.е. после частичного перевода ее и на электроснабжение города, – 66044 и за 1924 г., первый постоянный год его полного обеспечения, – 199016 кВтч. В письме от 22 октября 1924 г. на имя старосты Пинского повета Брестское отделение Виленской железной дороги сообщала, что «в настоящее время электростанция в Пинске является ее собственностью и существует на основании распоряжения Виленского управления» [3, л. 22].

Повестовый староста в письме от 8 октября 1929 г. в городское управление Пинска обращал его внимание на неудовлетворительное освещение города и указывал на крайне низкое напряжение, в результате чего вечером лампы еле светятся. Некоторые улицы в течение длительного времени вообще не освещаются. Староста просил навести порядок с уличным освещением, чем будет повышена и общественная безопасность граждан. В ответе на указанное письмо сообщалось, что недостатки в работе уличного освещения были вызваны остановкой одного дизеля на ремонт. Действующий второй дизель не смог полностью обеспечить город электроэнергией. В отчете магистрата за 1928-1929 годы отмечалось, что город пользовался электроэнергией, получаемой от железнодорожной электростанции по договору. Уличное освещение обеспечивало 310 электроламп мощностью 75 и 50 ватт. Магистратом в отчетном периоде было принято решение о «возбуждении стараний» с целью возврата электростанции и сетей в собственность города, однако, видимо, безрезультатно. Вопрос этот решился положительно для города только в 1947 году. О мощности Пинской железнодорожной электростанции в 1939 г. точных данных нет. Известно, что там находился и локомотив «Вольф» мощностью 550 л.с., который вышел из строя в результате аварии в феврале 1939 года и, видимо, так и не был восстановлен. Авария локомотива «Вольф» произошла утром 8 февраля 1939 г.

Расследованием, проведенным представителями службы депо Брестского отделения железной дороги, было установлено, что поврежден весь блок цилиндра низкого давления. Авария произошла по вине машиниста Я. Кнаппа. Старший электромонтер Людвиг Цегельский, исполнявший обязанности заведующего электростанцией, в день аварии находился по разрешению вышестоящего Брестского руководства в краткосрочном отпуске. Замещал его в это время электромонтер I класса Т. Ассенди. По результатам расследования аварии локомотива «Вольф» дисциплинарной комиссией Дирекции управления Виленской окружной дороги был составлен акт обвинения против Я. Кнаппа. Вины исполняющего обязанности

кочегара не установлено [5, л.4]. Не смотря на кризис тридцатых годов и обнищание населения, спрос на электроэнергию как для бытовых, так и промышленных целей на Полесье постоянно возрастал. В г. Бресте в то время числилось 6600 абонентов, что по отношению к проживающему в городе населению составило 13,2 % [6, л. 3]. По обеспечению населения электроэнергией г. Брест не уступал г. Варшаве.

По данным технического отчёта Брестской городской электростанции за IV квартал 1937 года общая мощность силовых установок составляла 1390 л.с., а электрогенераторов – 920 кВт, ежемесячная выработка электроэнергии – 237410 – 266610 кВтч. Электропотребителей насчитывалось уже более девяти тысяч [7, л. 4].

Рассказывает бывший начальник Лунинецкого сетевого железнодорожного района, ныне пенсионер, Е.И. Лобачевский:

«При Польше в 1935 году была специально построена и введена в действие в паровозном депо ст. Лунинец новая электростанция. Кирпичное довольно солидное здание электростанции сохранилось и по сей день.

Первоначально на электростанции была установлена паровая машина 100 л.с. с электрогенератором на постоянный ток напряжением 127 вольт. Начальником электростанции работал Литорович, машинистами — Королевич, Наумович и Пустоход. Электростанция обеспечивала электроэнергией депо и железнодорожный вокзал. Кроме того, по ВЛ с медными проводами ток передавался потребителям, жившим по нынешним улицам Пожарной, Советской и Маяковского.

Полесским воеводством в 1922 г. было выдано Элеоноре Соколовской разрешение на установку котла давлением 7 атмосфер с поверхностью нагрева 28,49 кв. м., что примерно обеспечивало паровую машину мощностью 30 л.с. Силовая установка была смонтирована на городской мельнице-электростанции по ул. Пяскова (Песчаная), 28. Несколько позже с обширным и достаточно аргументированным ходатайством о разрешении строительства на той же улице более крупной мельницы-электростанции и городских сетей выступил владелец мельницы-электростанции в Яново Х. Померанец. К ходатайству был приложен проект строительства [8, л. 2].

Первая электростанция в Столине была создана в 1917 году на территории больницы и обеспечивала, в основном, ее потребности. В качестве двигателя использовался локомотив мощностью около 15 л.с. Через некоторое время она перешла к владельцу мельницы Б.Френкелю, затем оказалась в ведении помещика Т. Гашлякевича, а в 1922 году станцию приобрело акционерное общество «АКС», акционер которого – столинский сеймик – вскоре выкупил все его акции [9, л.3].

Электростанция выработала в 1922 г. 1381, а в 1923-м — 2356 кВтч электроэнергии, но в 1924 г. она почти бездействовала из-за отсутствия необходимого количества потребителей, что было связано с высокой стоимостью абонентной платы. В 1927 г. сеймик передал электростанцию в аренду предпринимателю Е. Пехотину, который владел мельницами в деревнях Струга и Теребежов. Тот провел некоторую реконструкцию, однако техническое состояние оборудования и сетей оставалось неудовлетворительным. Столинский магистрат выкупил станцию у сеймика в 1928 г. и почти бездействовала из-за отсутствия необходимого количества потребителей, что было связано с высокой стоимостью абонентной платы. В 1927 г. сеймик передал электростанцию в аренду предпринимателю Е. Пехотину, который владел мельницами в деревнях Струга и Теребежов. Тот провел некоторую реконструкцию, однако техническое состояние оборудования и сетей оставалось неудовлетворительным. Столинский магистрат выкупил станцию у сеймика в 1928 г. и почти сразу взялся строить новую, которая вместе с распределителями начала работать в постоянном режиме в начале 1930 г. В машинном отделении главного здания были

установлены два дизеля мощностью 75 и 25 л.с. с электрогенераторами на трехфазный переменный ток напряжением 400/230 вольт. В октябре 1930 г. в г. Столине на 6 тысяч жителей приходилось 400 абонентов, в том числе один потребитель имел электродвигатель мощностью 1,1 кВт. Улицы освещались девятью двумя фонарями, которые потребляли 7,4 кВт. На электростанции, в основном, работал дизель мощностью 75 л. с. Максимальная среднемесячная нагрузка составляла 30 кВт. За период с апреля по октябрь 1930 г. электростанция при установившемся режиме работы выработала 36645 кВт.ч электроэнергии. Собственные нужды составили 7,9 %, а потери в сетях – 4 %. В архивных документах отмечается, что электростанция функционировала нормально и бесперебойно обеспечивала своих потребителей. В 1932 г. она выработала уже 51000, а в 1934 г. — 60423 кВт.ч электроэнергии. Предприятие в тот период обслуживали 3 человека: руководитель, машинист и его помощник. Руководил электростанцией инженер Т. Гольдфайль, а с 1935 г. — инженер Ф. Эвертынский, ранее работавший преподавателем в электротехнической ремесленной школе в г. Бресте.

Таким образом, в межвоенный период развитие энергетики западных районов Беларуси проходило достаточно сложно, в регионе не было крупных источников по производству электроэнергии и слабо были развиты электрические сети. Тем не менее, в этот период мы можем отметить высокую дисциплину, ответственность энергетиков за свою работу и их большой вклад в фундамент современной энергетики.

Список использованных источников:

1. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд 5. – Оп. 5. – Д. 800.
2. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд. – 1 – Оп. 5. – Д. 799.
3. Ковалец, М.Я. Энергетика Пинщины // М.Я. Ковалец. – Пинск : Ред. газеты «Пінскі веснік», 1998.–297 с.
4. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд 2065. – Оп. 1. – Д. 469.
5. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд 1. – Д. 760.
6. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд 1. – Д. 404.
7. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд 2005. – Оп. 3. – Д. 237.
8. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд 1. – Оп. 1. – Д. 420.
9. Зональный государственный архив в г. Пинске. – Фонд 1. – Оп. 1. – Д. 800.

Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Черноиван А.В.

СИСТЕМА ПОКВАРТИРНОГО УЧЕТА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛЬЯ — РЕЗЕРВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства

Основной целью государственной программы энергосбережения применительно к теплоснабжению жилых зданий подключенных к сетям центрального отопления является возмещение населением 100% затрат на отопление. Продиктовано это многими факторами, связанными с новыми подходами к выполнению важнейших государственных задач, к проблемам энергосбережения и экономии природных ресурсов, и самое главное к воспитанию у населения чувства собственника.

Сегодня Правительство Республики Беларусь для решения проблемы оплаты населением 100% затрат на коммунальные услуги проводит взвешенную политику, в основу которой положен принцип: каждый собственник квартиры платит только за то количество коммунальных услуг, что он потребил. Примером тому, является динамика роста тарифов на ЖКУ за период июнь 2017 г. – июнь 2018 г.: газ – 14,8%; электроэнергия – 23,3%; холодная вода – 51,3%; **отопление – 8%**. Т.е. существенный рост тарифов имеет место по тем видам ЖКУ, оплату которых собственник квартиры сегодня осуществляет по показаниям индивидуальных (поквартирных счетчиков) приборов учета. Следует отметить, что существенный рост тарифов на отдельные коммунальные услуги (холодная вода, электроэнергия, газ) потребление которых контролирует и регулирует объемы потребления, с учетом своих финансовых возможностей, сам собственник квартиры, не создали социальное напряжение в обществе. Следовательно, переход на государственном уровне, к соблюдению одного из основных принципов рыночной экономики: «какое количество услуг потребил, за это количество и оплаты», может быть применен и к оплате за отопление жилья в зданиях, подключенных к сетям центрального отопления.

Как показывает практика, на сегодня одним из наиболее эффективных технических решений, позволяющих обеспечить собственнику квартиры возможность контролировать количество тепловой энергии на отопление, которую он потребил, а так же самостоятельно (с учетом доходов семьи) обеспечивать комфортную для жильцов температуру в каждой комнате, является система поквартирного учета и регулирования тепла.

Такое техническое решение эффективно и финансово окупается в течение трех лет. В европейских странах в последние 15 лет система поквартирного учета и регулирования тепла является основным резервом реальной экономии оплаты за отопление. В качестве эксперимента жилые дома, оборудованные распределителями тепла и термостатическими регуляторами, эксплуатируются в г. Бресте, г. Солигорске и г. Минске. Следует отметить, что в Беларуси для тех, кто установил за свой счет приборы индивидуального учета отопления, будет введена скидка на оплату отопления 10% сроком в течение трех лет. Так же скидка на отопление в 5% будет предоставляться тем, кто приведет в порядок установленное ранее оборудование.

Для устройства системы поквартирного учета и регулирования тепла необходимо установить следующие приборы.

1) **Распределитель тепла** для индивидуального учета, устанавливается на каждый радиатор. Он легко крепится на любые типы отопительных приборов. Принцип работы распределителей — измерение и суммирование разностей температур поверхности радиатора и воздуха в комнате. В результате показания приборов соответствуют количеству тепла, отданному радиатором прошедший период, измеренному в условных единицах. Стоимость испарительного распределителя тепла «Экземпер» около 10 USD.

2) **Термостатический регулятор** автоматически поддерживает заданную собственником квартиры температуру, регулируя подачу горячей воды в радиатор в зависимости от температуры в помещении. Стоимость термостатического регулятора около 20 USD.

Стоимость оборудования и затрат на установку и ежегодные услуги по квартирному расчету на двухкомнатную квартиру не превысят 145 USD. Как показала практика, срок окупаемости установки приборов в России составляет 3 года при сроке службы терморегулятора 30 лет и распределителя тепла 10 лет. На сегодня одним из основных факторов, сдерживающих массовый переход на поквартирный учет и

регулирования тепла, является отсутствие законодательства, регламентирующего переход и поквартирное регулирование и учет тепла в ЖКХ.

Работа над пакетом необходимых нормативных документов ведется и в ближайшее время планируется ее завершить.

Следует отметить, что уже через 2–3 года при планируемых повышениях тарифов на отопление собственники квартир жилых зданий подключенных к сетям центрального отопления в полной мере оценят эффективность их применения.

Список использованных источников:

1. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций // Строительные материалы. – 2010. – №3. – С. 8–16.
2. Мисник Е. Шеф, два счетчика? // Газета «Рэспубліка». – 2018. – №16. – С. 2.
3. Красин А. Учет тепла. В поисках идеальной схемы // Живи как хозяин. – 2016. – №11. – С. 34–35.

Бурдин А.Н.

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ

Мировое сообщество обеспокоено высокими темпами роста глобального потепления которое сегодня достигает до 3°С в год. Это может привести к необратимым изменениям климата. Уже сегодня уменьшаются площади ледников Арктики и Антарктики в результате их таянья, повышается уровень воды в мировом океане, увеличилась частота появления торнадо, цунами, наводнений и других сопутствующих явлений наносящих ущерб экономикам государств и их населению.

Основной причиной потепления мировое сообщество считает тепловые выбросы тепловых электростанций, ТЭЦ и котельных, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе.

Ставя целью снижение скорости глобального потепления до 1,5°С в год, мировое сообщество рекомендует максимально использовать возобновляемые источники энергии — солнце, ветер, воду и другие, сведя к минимуму использование угля. Но, к сожалению, в настоящее время невозможно полностью отказаться от классических видов топлива — твердого, жидкого и газообразного.

Какие загрязнения выбрасывают в атмосферу теплоисточники работающие на классических видах топлива?

Во-первых — тепловое загрязнение. Оно вызвано тем, что температура дымовых газов на верхнем срезе дымовой трубы должна быть не ниже 80°С. Снижение этой температуры приведет к конденсации паров воды содержащихся в дымовых газах, что вызовет химическую коррозию материала дымовой трубы и ее разрушение.

Во-вторых — пары воды, которые соединяясь с окислами азота, серы и углекислоты, образуют кислоты, которые в виде кислотных дождей выпадают на землю. Эти пары воды образуется в процессе сжигания топлива. Для твердого топлива, это вода определяется влажностью, которая достигает до 60%, а также вода образующаяся в результате реакции горения, при сжигании 1 м³ газа образуется 1,6 л

воды, а 1 кг мазута образуется 1 л воды. Оценивая количество сжигаемого топлива можно представить сколько тепла и кислоты мы выбрасываем в атмосферу.

В-третьих — зола и шлак образующиеся при сжигании топлива.

При сжигании угля образуется и шлак и зола. Для древесного, жидкого и газообразного топлив — характерна только зола. Особую проблему создаёт шлак. Шлакоотвалы (золоотвалы) занимают весьма большие территории, загрязняют поверхностные воды.

Какие решения могут применяться для снижения влияния данных проблем?

На мой взгляд, это установка устройств, позволяющих снизить температуру уходящих газов ниже температуры конденсации пара. Я имею в виду, не перевод работы котлов в конденсационный режим, что может создать проблемы при эксплуатации котлов, а установку данных устройств за дымососом.

Устройства для охлаждения уходящих газов могут иметь различные конструктивные решения в зависимости от условий применения. Отбираемое от уходящих газов тепло, можно использовать для подогрева обратной сетевой воды на входе в водогрейный котел, подогрева воздуха идущего на дутье или подогрева теплоносителя для систем локального теплоснабжения.

Конденсат, полученный в результате охлаждения пара уходящих газов, представляет собой относительно слабые кислоты загрязнённые золой. В таком конденсате отсутствуют кальций и магний, определяющие жесткость воды и образующие накипь. Сбрасывать данный конденсат в канализацию не желательно, это может вывести из строя городские очистные сооружения, тем более нельзя его сбрасывать в открытые водоемы.

Это обуславливает необходимость нейтрализации и осветления конденсата перед его дальнейшим использованием. Нейтрализованный и осветленный конденсат можно использовать для подпитки тепловых сетей, при обеспечении контроля его качества для питания паровых котлов, что значительно снизит нагрузку на водоподготовку и текущие затраты. Тепло полученное в процессе конденсации в некоторой мере компенсирует затраты на реконструкцию.

Теплоисточники как правило выполнены по типовым проектам, это позволяет разработать серию типовых установок для уменьшения тепловых и химических выбросов. При серийном производстве установок их себестоимость будет значительно снижена.

Нам не привычны данные решения. Нормативная документация, по котельным установкам, ничего подобного не предусматривает. Основная цель данного предложения состоит в том, чтобы снизить температуру и объём выбросов, а так же сконцентрировать выбрасываемые загрязнения на территории теплоисточника.

Для решения данной задачи необходимо изучить следующие вопросы:

1. Конструкции конденсационных устройств;
2. Конструкции газоходов и дымовой трубы;
3. Химический состав конденсата и способы его нейтрализации;
4. Осветление конденсата;
5. Утилизация осадков после нейтрализации и осветления;
6. Утилизация шлаков.

В идеале можно создать теплоисточники минимально загрязняющие окружающую среду.

Новосельцев В.Г., Новосельцева Д.В.

**К ВОПРОСУ О ВЫЯВЛЕНИИ ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ РАБОТЫ
ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ПРИ ПОМОЩИ ЖИЛЬЦОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра
теплогасоснабжения и вентиляции*

В соответствии с действующими в настоящее время нормативными документами энергоэффективное здание — это здание, соответствующее по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию классу А+, А или В. Проектирование вновь возводимых жилых зданий классов по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию С, D, E, G не допускается [1].

Актуальным является исследование эксплуатационного энергопотребления в домах, построенных в последние годы и сравнение его с проектными данными, анализ работы инженерных систем [2].

Для исследования выбраны энергоэффективные дома, введенные в эксплуатацию в г. Бресте в 2014-2016 годах. Расчетные (проектные) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по характерным домам сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетное (проектное) значение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию

| № | Местонахождение (адрес) жилого здания | Расчетное (проектное) значение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию отапливаемой площади здания, кВтч/м ² |
|----|---------------------------------------|--|
| 1 | Ул. Криштафовича,2 | 33,15 |
| 2 | Ул. Рябиновая,19 | 34,9 |
| 3 | Ул. Рябиновая,11 | 34,9 |
| 4 | Ул. Гоголя,81 | 29,33 |
| 5 | Ул. Морозова,23 | 32,2 |
| 6 | Ул. Гоголя,1Г | 31,35 |
| 7 | Ул. Краногвардейская,10 | 32,88 |
| 8 | Ул. Генерала Благовещенского,2 | 34,26 |
| 9 | Ул. Грибоедова,27 | 31,4 |
| 10 | Ул. Грибоедова,35 | 34,2 |
| 11 | Ул. Грибоедова,37 | 31,4 |
| 12 | Ул. Гоголя,83 | 35,1 |
| 13 | Ул. Грибоедова,33 | 32,3 |
| 14 | Ул. Грибоедова,29 | 34,5 |
| 15 | Ул. Сальникова,31 | 31,6 |
| 16 | Ул. Махновича,16 | 31,4 |
| 17 | Ул. Махновича,34 | 35,8 |
| 18 | Ул. Махновича,34А | 34,0 |

Реальные значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по характерным домам, полученные по результатам обработки данных теплосчетчиков, выполнены в табличной форме. В связи с большим объемом для примера в статье приведены данные по двум домам.

Таблица 2 – Реальный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию дома по адресу ул. Криштафовича,2

| Отопительный сезон | Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, Гкал | Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию отапливаемой площади здания, кВт·ч/м ² |
|--------------------|---|--|
| октябрь 2014 | 38,97 | 18,54 |
| ноябрь 2014 | 87,15 | 41,46 |
| декабрь 2014 | 90,97 | 43,28 |
| январь 2015 | 94,77 | 45,08 |
| февраль 2015 | 85,04 | 40,45 |
| март 2015 | 80,9 | 38,49 |
| Сумма | 477,8 | 227,30 |
| октябрь 2015 | 69,99 | 33,30 |
| ноябрь 2015 | 80,75 | 38,41 |
| декабрь 2015 | 78,72 | 37,45 |
| январь 2016 | 108,81 | 51,76 |
| февраль 2016 | 72,81 | 34,64 |
| март 2016 | 68,28 | 32,48 |
| Сумма | 479,36 | 228,04 |
| октябрь 2016 | 61,76 | 29,38 |
| ноябрь 2016 | 81,05 | 38,56 |
| декабрь 2016 | 93,99 | 44,71 |
| январь 2017 | 110,34 | 52,49 |
| февраль 2017 | 88,53 | 42,11 |
| март 2017 | 66,35 | 31,56 |
| Сумма | 502,02 | 238,82 |
| октябрь 2017 | 52,68 | 25,06 |
| ноябрь 2017 | 66,5 | 31,63 |
| декабрь 2017 | 79,63 | 37,88 |
| январь 2018 | 89,08 | 42,38 |
| февраль 2018 | 83,67 | 39,80 |
| март 2018 | 89,5 | 42,58 |
| Сумма | 461,06 | 219,33 |

Большой интерес представляет сравнение реальных значений удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по характерным домам с проектными значениями. Однако следует иметь ввиду, что нормативные значения удельных расходов тепловой энергии получены при нормируемой температуре воздуха в помещениях 18°С. Поэтому необходима корректировка этих значений при температуре воздуха в помещениях 20-21°С (фактические значения, полученные при обследованиях квартир жилых зданий).

Таблица 3 – Реальный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию дома по адресу ул. Махновича,16

| Отопительный сезон | Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, Гкал | Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию отапливаемой площади здания, кВт·ч/м ² |
|--------------------|---|--|
| октябрь 2015 | 0 | 0,00 |
| ноябрь 2015 | 62,75 | 35,70 |
| декабрь 2015 | 67,87 | 38,62 |
| январь 2016 | 109,71 | 62,42 |
| февраль 2016 | 60,45 | 34,39 |
| март 2016 | 71,78 | 40,84 |
| Сумма | 372,56 | 211,98 |

| | | |
|--------------|---------------|---------------|
| октябрь 2016 | 58,88 | 33,50 |
| ноябрь 2016 | 72,24 | 41,10 |
| декабрь 2016 | 86,56 | 49,25 |
| январь 2017 | 102,88 | 58,54 |
| февраль 2017 | 86,51 | 49,22 |
| март 2017 | 65,21 | 37,10 |
| Сумма | 472,28 | 268,72 |
| октябрь 2017 | 55,4 | 31,52 |
| ноябрь 2017 | 76,02 | 43,25 |
| декабрь 2017 | 86,9 | 49,44 |
| январь 2018 | 95,77 | 54,49 |
| февраль 2018 | 92,53 | 52,65 |
| март 2018 | 90,34 | 51,40 |
| Сумма | 496,96 | 282,76 |

Исследование проектного и эксплуатационного энергопотребления в энергоэффективных жилых домах позволит выявить причины повышенного энергопотребления и избежать их в будущем.

Список использованных источников:

1. ТКП 45-2.04-196-2010. Тепловая защита зданий. Правила определения / Министерство архитектуры и строительства РБ – Мн. 2010 – 26 с.
2. Изменения в нормативной базе Республики Беларусь по проектированию энергоэффективных жилых домов В.Г. Новосельцев Д.В.Новосельцева, И.А.Черников // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2016. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – С. 81–84.

Щербач В.П., Лешко Г.В., Конон Е.В.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства, студентка факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение и вентиляция группы ТВ-14

В последнее двадцатилетие энергетика обеспечивала рост благосостояния в мире примерно в равных долях, за счет увеличения производства энергоресурсов и улучшения их использования в развитых странах применения мер по энергосбережению давала 60-65% экономического роста. В результате энергоёмкость национального дохода уменьшилась за этот период в мире на 18% и в развитых странах на 21-27%.

Энергосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан.

Энергосбережение должно быть отнесено к стратегическим задачам государства, являясь одновременно и основным методом обеспечения энергетической безопасности. Требуемые для внутреннего развития энергоресурсы можно получить не только за счет строительства новых энергообъектов но и, меньшими затратами, за счет энергосбережения непосредственно в центрах потребления энергоресурсов.

Стратегическая цель энергосбережения одна и следует из его определения — это повышение энергоэффективности во всех отраслях, и задача — определить, какими мерами и насколько можно осуществить это повышение.

Энергосберегающие технологии

Одним из действенных способов уменьшить влияние человека на природу является увеличение эффективности использования энергии — энергосберегающие технологии. После энергетического кризиса 70-х годов XX века именно они стали приоритетными в развитии экономики Западной Европы. По данным специалистов, доля энергозатрат в себестоимости продукции в Республике достигает 30-40%, что значительно выше, чем например, в западноевропейских странах. Очевидно, что снижение таких издержек и применение энергосберегающих технологий позволяет повысить конкурентоспособность продукции.

У нас в стране до 75% всей потребляемой электроэнергии на производстве используются для приведения в действие всевозможных приводов. Как правило, на большинстве отечественных предприятий установлены электродвигатели с большим запасом по мощности в расчете на максимальную производительность, несмотря на то, что часы пиковой нагрузки составляют всего 15-20% общего времени его работы. В результате электродвигатели с постоянной скоростью вращения требуются значительно больше энергии, чем это необходимо.

По данным европейских экспертов, стоимость электроэнергии, потребляемой ежегодно средним двигателем в промышленности, почти в 5 раз превосходит его собственную стоимость. В связи с этим очевидна необходимость применения энергосберегающих технологий и оптимизаций оборудования с использованием электроприводов. Комплексно подойти к решению этой проблемы предлагает, например, японский концерн «Отчон», специализирующийся на выпуске продукции для автоматизации технологических и производственных процессов. В частности, хорошо зарекомендовали себя частотно-регулируемые электроприводы, со встроенными функциями оптимизации энергопотребления суть заключается в гибком изменении частоты вращения в зависимости от реальной нагрузки, что позволяет сэкономить до 30-50% потребляемой электроэнергии.

Энергосберегающие электроприводы и средства автоматизации могут быть внедрены на большинстве предприятий в сфере ЖКХ: от лифтов и вентиляционных установок до автоматизации предприятий.

Существуют и другие пути рациональнее использовать электроэнергию, причем не только на производстве, но и в быту. Так, уже давно известны «умные» системы освещения, широко внедряемые в странах Западной Европе, США, Японии. Так по данным специалистов российской компании «Светэк», разрабатывающие такие решения, энергосберегающие системы освещения позволяют снизить затраты на освещение до 8-10 раз.

К числу наиболее «прожорливого» оборудования, используемого в жилых и офисных помещениях, относится практически вся климатическая техника, прежде всего, кондиционеры. Признанными авторитетами в области снижения энергоемкости систем вентиляции и кондиционирования являются компании Noval (Лихтенштейн) и Dantherm (Дания), применяющие в своей продукции, новейшие энергосберегающие технологии и конструкторские разработки. Например, отличительной особенностью агрегатов производства Noval является использование патентованного воздухораспределителя, обеспечивающего формирование приточной струи с дальностью от 3,5 до 18 м за счет автоматического регулирования положения лопаток, закручивающий воздушный поток, основное преимущество такой

конструкции высокая энергетическая эффективность благодаря улучшенным показателям организации воздухообмена, рециркуляции воздуха и рекуперации тепла.

Все перечисленные технологии и методы энергосбережения будут малоэффективны без борьбы с непродуктивными потерями тепла.

Какими же путями можно повысить энергоэффективность в коммунальной сфере? По мнению специалистов компании ROCKWOOL, мирового лидера в области производства негорючей теплоизоляции, следует выделить три основных направления энергосбережения.

Во-первых, это снижение потерь на этапе выработки и транспортировки тепла — то есть повышение эффективности работы ТЭС, модернизация ЦТП с заменой неэкономичного оборудования, применение долговечных теплоизоляционных материалов при прокладке тепловых сетей.

Во-вторых, повышение энергоэффективности зданий за счет комплексного применения теплоизоляционных решений для наружных ограждающих конструкций (в первую очередь фасадов и кровель).

В-третьих, использование радиаторов отопления с автоматической регулировкой и систем вентиляции с функцией рекуперации тепла.

В последние годы все энергоэффективные технологии объединяются в концепцию так называемого пассивного дома, то есть жилища, максимально дружелюбного окружающей среде. В Западной Европе сейчас строятся пассивные дома с энергопотреблением не более 15 кВтч/м³год, что более чем в 10 раз экономичнее типовой отечественной «хрущевки».

По данным building-tech.org в ФРГ г. Вильгельмсхафен был открыт многоквартирный дом высокой степени энергоэффективности. Дом построен по стандарту KfW-40. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление/охлаждение составляет 21,9 кВтч на квадратный метр. Дом оснащен солнечной электростанцией и мощными системами солнечного нагрева воды. С помощью солнца покрывается примерно 70% энергетических затрат.

Энергосберегающие материалы

Сегодня во всем мире наблюдается спрос на энергосберегающие материалы, обусловленный ростом цен на энергоносители. Используются различные материалы для утепления стен, кровли, перекрытий.

Минераловатные материалы — материалы представляющие собой вату, сырьем для которой служат базальтовые породы, известняк, доломит и др. шлаковата из отработки изделий цветной и черной металлургии. Данные материалы обладают рядом неоспоримых на честь — высокая тепло- и звукоизоляция, устойчивость к воздействию влаги, тепла, жидкостей. Данные материалы применяются при создании фасадных систем утепления. Применяются при утеплении как наружных, так и внутренних стен.

Еще одним современным материалом является вспененный пенополистирол экструдированный. Плиты из пенополистирола обладают низкой теплопроводностью, гигроскопичностью. Вспененный полиэтилен используется для тепло-, гидро- и звукоизоляции. Пенополиэтилены имеют хорошие показатели теплопроводности — 0,04 Вт/(м·К), при t°+25°C. Рабочие температуры этой изоляции –50°C - +90°C, срок службы достигает 25 лет. Фольгированные материалы не только позволяют облачить инженерные коммуникации в «эстетичную упаковку», но и предотвратить потери, увеличить срок службы оборудования. Изоляция из вспененного каучука — это расширенный температурный диапазон (–200°C - +175°C). Показатель теплопроводности синтетического каучука —0,036 Вт/м·К при 0°C.

Заключение. Организация энергосбережения в масштабах страны — задача чрезвычайно сложная. В то же время энергоснабжение из популярного лозунга постепенно превращается в насущную необходимость.

В этот процесс должны быть вовлечены органы власти, все организации и граждане. Снижение потребления энергоресурсов и увеличение мощности систем энергоснабжения — это взаимосвязанные процессы и должны рассматриваться совместно.

Список использованных источников:

1. Источник с сайта: building-tech.org. Статья «В Германии построили энергоэффективный дом без счетов за тепло и электроэнергию».

Сенчук Д.Д., Новосельцева А.Г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МЕМБРАННЫХ АЭРАТОРОВ ДЛЯ АЭРОТЕНКОВ

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

В настоящее время основную функцию в процессах очистки сточных вод от органических и биогенных загрязнений выполняют искусственные биологические сооружения, в основном — аэротенки, различных технологических и конструктивных решений, оборудованные разнообразными типами аэраторов. Аэрация сточных вод в процессе биологической очистки является наиболее энергоемким процессом, на который приходится 60-90% всех затрат на очистку сточных вод. Кроме того, аэрация — наиболее ответственный процесс, так как концентрация растворенного кислорода и эффективность перемешивания сточной жидкости в аэротенке во многом определяют степень окисления органических загрязнений [1, 3].

Система аэрации представляет собой комплекс сооружений и специального оборудования, обеспечивающего снабжение жидкости кислородом, поддержание ила во взвешенном состоянии и постоянное перемешивание сточной воды с илом, а также отдувку образующихся в результате метаболизма газов, избыток которых может тормозить (ингибировать) процесс биохимической очистки сточных вод. Для большинства типов аэротенков система аэрации обеспечивает одновременное выполнение этих функций. По способу диспергирования воздуха в воде на практике применяются следующие системы аэрации: пневматическая, механическая, пневмомеханическая и струйная. В нашей стране большее распространение получила пневматическая система аэрации.

Суть пневматической системы аэрации предполагает распределение воздуха или кислородсодержащего газа под давлением по магистральным и воздухораспределительным трубопроводам к аэраторам-диспергаторам, установленным под слоем воды в аэротенках. Аэраторы классифицируются по давлению: до 10 кПа — низкого, от 10 до 50 кПа — среднего, более 50 кПа — высокого давления. По размеру образующихся на выходе из аэраторов пузырьков их разделяют на мелкопузырчатые (1-4 мм), среднепузырчатые (5-10 мм) и крупнопузырчатые (более 10 мм). Это обеспечивает Эффективность Аэрации (ОТР) в пределах 2,2-3,5 кг/(кВтч) — для мелко- и среднепузырчатых аэраторов и

1,6-2,6 кг/(кВтч) для крупнопузырчатых при использовании воздухоудного оборудования с КПД порядка 70%. По заглублению аэраторы пневматической системы классифицируют на аэраторы малого (до 1,5 м), среднего погружения (1,8-6,0 м) и глубинные аэраторы (свыше 6 м) [2].

Недостатки данной системы аэрации — относительно высокие удельные затраты электроэнергии, а также сложность эксплуатации аэрационного оборудования на малых очистных сооружениях.

В качестве динамических параметров при исследовании различных систем принимают: для пневматической системы аэрации — расход воды и воздуха в сооружении, количество и крупность воздушных пузырьков, распределение их в объеме сооружения, траектории и скорости движения жидкости и газа; для механической системы аэрации: интенсивность перемешивания жидкости, размеры и скорость образующихся пузырьков; при гидравлической аэрации — расход воды, подаваемой через аэратор, расход инжестируемого воздуха, размеры и скорость образующихся пузырьков, интенсивность перемешивания.

К физико-химическим параметрам относят температуру аэрируемых вод, качественный состав их (наличие растворенных и нерастворенных примесей), поверхностное натяжение и вязкость [4].

Повышенная эффективность аэрации более свойственна современной тенденции энергосбережения. В соответствии с поэтапным развитием пневматических мелкопузырчатых аэраторов наблюдается следующая линейка: фильтросные элементы (трубы и пластины), керамические композиции, пористые пластмассы, полимерные синтетические материалы (в основном трубы, реже пластины), тканевые, мембранные диспергаторы (в основном из полимерных материалов). Повысить энергоэффективность систем аэрации можно путем реализации ряда мероприятий: увеличение коэффициента полезного действия воздухоудного оборудования, снижение потерь воздуха при транспортировке по системе воздухоудов, повышение эффективности аэрации. Увеличение использования кислорода позволит снизить расходы подаваемого в аэротенк воздуха в 1,5-2 раза, что приведет к снижению энергопотребления на 40-50%. [3].

В мировой практике наибольшее распространение получили тарельчатые аэраторы, а в Республике Беларусь почти повсеместно применяют трубчатые аэраторы. Эффективность этих аэрационных систем в 1,5-2 раза ниже по сравнению с тарельчатыми.

Сотрудниками Брестского государственного технического университета был разработан тарельчатый аэратор новой конструкции. Патент ВУ 9636 U 2013.10.30.

Особенность данного аэратора в том, что при отсутствии подачи воздуха мембрана гидростатическим давлением прижата по всей площади к корпусу аэратора, что исключает фильтрацию иловой смеси через отверстия эластичной мембраны при прекращении подачи воздуха, а это является залогом устойчивой работы аэратора с первоначальными параметрами в течении длительного срока, что приводит к значительной экономии электроэнергии на подачу воздуха. Указанное техническое решение позволяет в широких пределах осуществлять регулирование подачи воздуха в аэротенк в зависимости от нагрузки. [5].

В процессе исследований характеристик тарельчатого аэратора изучалась работа аэраторов с толщиной мембран 2 и 3 мм, шагом отверстий 3 и 5 мм и размером отверстий 0,8; 1,2 мм. При массовом всплывании пузырьков воздуха в аэротенках возможны пузырьковый, факельный и струйный режимы, во многом определяющие эффективность системы аэрации [6]. Площадь поверхности контакта фаз при

барботажной аэрации является наряду со временем контакта и скоростью массопередачи кислорода из воздушных пузырьков в жидкость важнейшим показателем эффективности процесса.

Пузырьковый режим — самый эффективный по массопередаче — наблюдается при низких и умеренных расходах воздуха и зависит от крупности пузырьков, от размеров пор или отверстий, причем образование соседних пузырьков происходит автономно. Если скорость выхода воздуха из отверстия превышает скорость всплытия пузырьков, над отверстием образуется факел воздуха с одновременным дроблением крупных и коалесценцией мелких пузырьков. При факельном режиме истечения крупность пузырьков уже не зависит от размера отверстий. Она определяется гидродинамическими показателями среды. Проскок воздуха через жидкость в виде сплошных струй (струйный режим) наблюдается, например, в аэротенках при аварии фильтросных каналов и массовом его выходе через образовавшуюся брешь.

Площадь поверхности контакта фаз, время и скорость массопередачи кислорода из воздушных пузырьков в жидкость являются важнейшим показателем эффективности процесса барботажной аэрации, что в первую очередь зависит от конструктивных особенностей аэраторов.

Создание оптимальных гидродинамических условий барботажа предопределяет высокоэффективное протекание массообменных процессов диффузионного растворения кислорода, оказывает решающее влияние на его кинетику. Основное отличие массового двухфазного потока от элементарного акта барботажа состоит в изменяющемся по объему потока составе водовоздушной смеси, наличии мощной поперечной циркуляции в потоке и отсутствии фиксированной границы раздела фаз [7].

Таким образом, технологическую оценку и выбор аэраторов рационально производить на основе массообменных и энергетических, а также эксплуатационных характеристик аэраторов. Исследования характеристик тарельчатого аэратора производились при самом оптимальном режиме аэрации – пузырьковом. Технические характеристики мембран исследуемых аэраторов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Виды исследуемых мембран.

| Номер аэратора | Толщина мембраны, мм | Толщина отверстий, мм | Шаг между отверстиями, мм |
|----------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Аэратор №1 | 3 | 0,8 | 5x5 |
| Аэратор №2 | 2 | 0,8 | 5x5 |
| Аэратор №3 | 3 | 1,2 | 5x5 |
| Аэратор №4 | 2 | 1,2 | 5x5 |
| Аэратор №5 | 3 | 0,8 | 3x3 |
| Аэратор №6 | 2 | 0,8 | 3x3 |

Для выявления лучшего варианта аэратора, полученные в серии экспериментов характеристики были представлены на одном графике (рис. 1). Рекомендуемый тип аэратора №3 с мембраной 3 мм, толщиной отверстий 1,2 мм и шагом 5x5. Аэраторы с шагом отверстий 3x3 менее эффективными, поскольку частое расположение отверстий приводило к появлению пузырьков диаметром 6-7 мм. Отверстия диаметром 0,8 мм способствуют появлению мелких пузырей, которые создают условия для флотации, поскольку они сопоставимы с пузырями в импеллерной флотации (0,2-0,5 мм). Это, в свою очередь, в реальных условиях может вызвать стратификацию ила по высоте аэротенка и, соответственно, неравномерность изъятия загрязнений.

Сравнивая полученные гидравлические характеристики (рис. 2), можно сделать вывод об эффективности модельного аэратора №3 толщиной мембраны 3 мм, толщиной отверстий 1,2 мм, поскольку для раскрытия отверстий его мембраны

потребовалось придать меньшее давление и меньший расход воздуха. Данный аэратор имеет лучшие гидравлические характеристики в диапазоне эффективной подачи воздуха на аэрацию 0,27-0,3 м³/ч, которая соответствует его размерным параметрам.

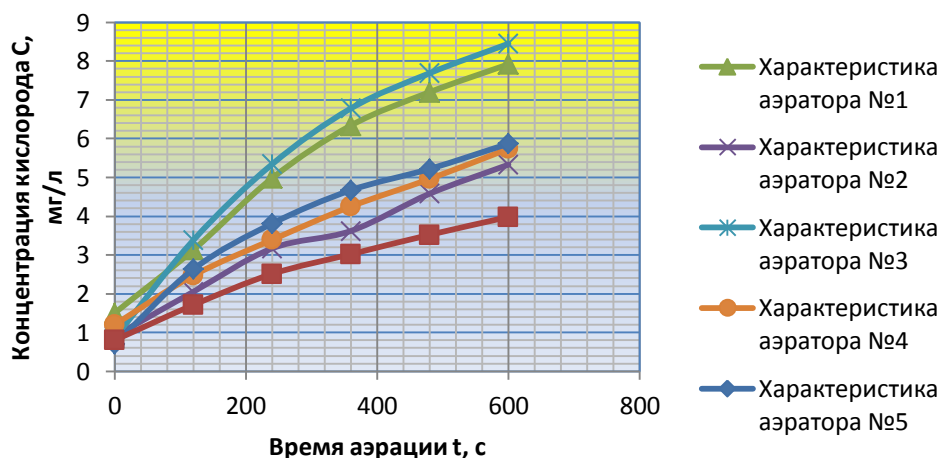


Рисунок 1. График показателей насыщения кислородом обескислороженной воды для выявления более эффективного аэратора.

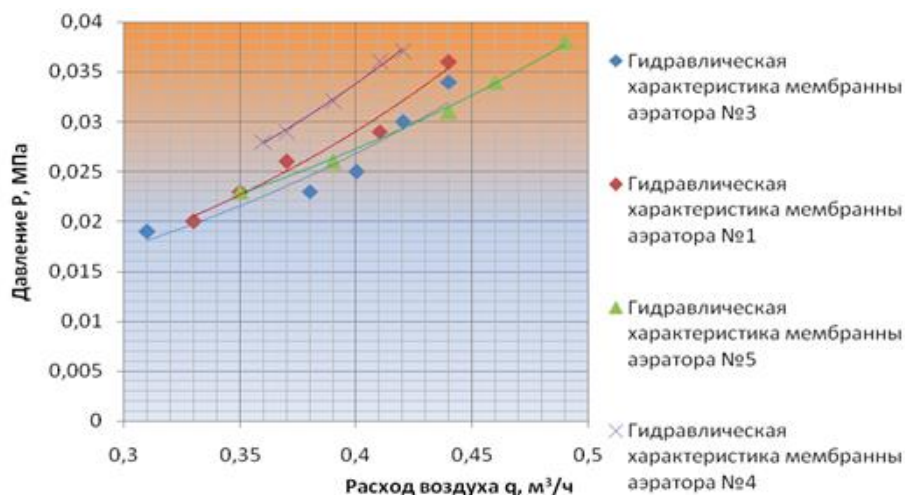


Рисунок 2. График гидравлических характеристик для аэраторов с разными мембранами.

Разработанная конструкция аэратора позволяет сохранять первоначальные параметры работы аэратора, тем самым увеличить срок его службы, а также позволяет снизить экономические затраты электроэнергии на подачу воздуха по сравнению со своими аналогами.

Список использованных источников:

1. Мешенгиссер Ю.М. Теоретическое обоснование и разработка новых полимерных аэраторов для биологической очистки сточных вод: автореф. дис. док. техн. наук: 05.23.04 / Ю.М.Мешенгиссер. – М., 2005. – 52 с.
2. Сивак В.М., Янушевский Н.Е. Аэраторы для очистки природных и сточных вод. – Львов: Изд-во при Львов. ун-те, 1984. – 124 с.
3. Житенёв Б.Н. Применение мембранных аэраторов для аэротенков / Б.Н. Житенёв, С.Г. Нагурный // Вестник БрГТУ. – 2015. - №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 58-62.

4. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: АСВ, 2006. – 704 с.
5. Патент ВУ 9636 U 2013.10.30 тарельчатый аэратор / Житенёв Б.Н., Остапчук К.Б., Житенёва Н.С. Заявка № 420130247 / С 02F 3/00 (2006.01) – 3 с.
6. Попкович Г.С., Репин Б.Н. Системы аэрации сточных вод. - М.: Стройиздат, 1986. – 136 с.
7. Синев О.П. Интенсификация биологической очистки сточных вод. - Киев: Техніка, 1983. – 110 с.

Аллакулиев И.А.

РАСЧЁТ ОПТИМАЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОГО ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРА ДЛЯ УСЛОВИЙ АШХАБАДА

*Брестский государственный технический университет, магистрант кафедры
теплогазоснабжения и вентиляции*

Существуют различные виды гелиоколлекторов, однако в водонагревательных установках все они работают по одной схеме. Солнечные лучи нагревают теплоноситель, который по тонким трубкам поступает в заполненный водой бак. Трубки с теплоносителем проходят через весь внутренний объем бака и нагревают находящуюся в нем воду. В дальнейшем эта вода расходуется на бытовые нужды (отопление, ГВС и т.д.). Температура воды в баке контролируется специальными датчиками, при ее охлаждении ниже заданного минимума автоматически включается резервный подогрев (обычно — газовый или электродотел).

Солнечные водонагреватели могут быть активного или пассивного типов. Активная система использует электрический насос для циркуляции жидкости через коллектор; пассивная система не имеет насоса и полагается только на естественную циркуляцию. Плоский гелиоколлектор (рис. 1) нагревает теплоноситель при помощи пластинчатого абсорбера. Устроен он довольно просто. По сути, это пластина теплоемкого металла, выкрашенная сверху в черный цвет специальной краской. К нижней поверхности пластины плотно прилегает (приваривается) змеевидная трубка, по которой и циркулирует жидкость.

Черная селективная краска обеспечивает максимальное поглощение солнечных лучей, причем их отражение практически равно нулю. Поглощенные лучи прогревают теплоноситель под абсорбером, он, в свою очередь, подается далее в систему. Для минимизации тепловых потерь применяются теплоизоляция абсорбера от корпуса коллектора и закаленное стекло, почти не содержащее окислов железа, которое устанавливается над абсорбером и выполняет функцию верхней крышки корпуса. Кроме того, использование подобного стекла позволяет создать своеобразный «эффект парника», что еще больше увеличивает прогрев абсорбера, а значит, и температуру теплоносителя [1].

Ключевую роль играет характер инсоляции в конкретной местности, например, важным показателем может оказаться высота над уровнем моря. Пользователи из южных регионов, где более трёхсот солнечных дней в году, по достоинству оценят работу гелиосистемы. Больше всего тепла можно получить в ясную погоду, когда солнце в зените. Вечером и утром, а также в пасмурные дни производительность

системы неизбежно падает. Чтобы «поймать» максимум лучей, нужно правильно установить коллектор: выдержать угол наклона, ориентировать модули на юг, устранить возможность затенения (высокие соседние здания, деревья) [2].

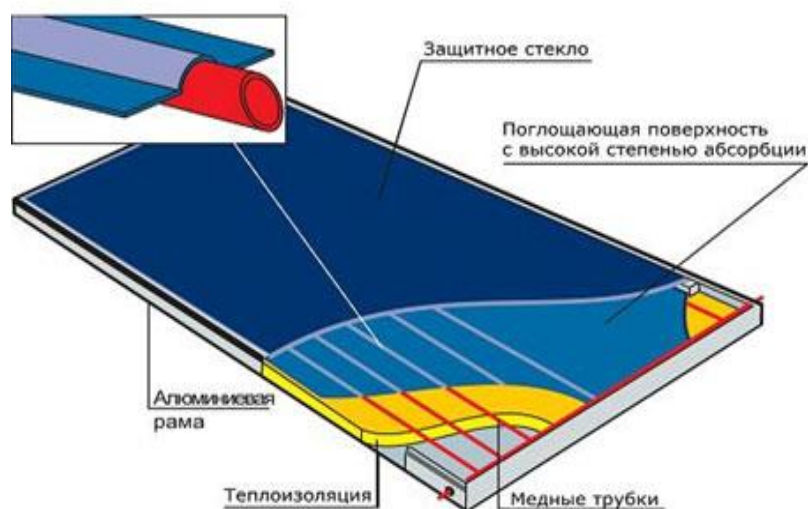


Рисунок 1. Устройство плоского коллектора.

В нашем случае учитываются данные солнечных водонагревателей активного типа с закрытым контуром, эффективностью 71%.

В Туркменистане около 300 солнечных дней в году, продолжительность светового дня в июне достигает 16 часов, а продолжительность солнечного сияния 400 ч/месяц. Согласно статистическим погодным данным количество пасмурных дней в апреле 5, а в мае 3 дня. Поэтому расчёты площадей солнечных коллекторов предусматривается с 1-го апреля по 30-е сентября.

Чтобы производительность солнечного коллектора была максимальной очень важна ориентация и угол наклона коллектора. Что бы поглощать максимальное количество солнечной энергии плоскость солнечного коллектора должна быть всегда перпендикулярна солнечным лучам, но для этого нужна двухосевая система слежения.

Угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность в полдень, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг определяется формулой:

$$\gamma = \arccos [\cos(\delta - \phi)] \quad (1)$$

где ϕ – широта места установки показывает, насколько место находится севернее или южнее от экватора, и составляет угол от 0° до 90° , отсчитываемый от плоскости экватора до одного из полюсов — северного или южного. Широта Ашхабада равна $37,6^\circ$;

δ – угол склонения Солнца, зависит от вращения Земли вокруг Солнца, поскольку орбита вращения имеет эллиптическую форму и сама ось вращения тоже наклонена, то угол меняется в течение года от значения $+23,45^\circ$ до $-23,45^\circ$. Угол склонения становится равным нулю два раза в год в дни весеннего и осеннего равноденствия.

Склонение солнца для конкретно выбранного дня определяется по формуле:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (2)$$

где n – порядковый номер дня в году, отсчитанный от 1-го января.

Ниже представлен расчет определения оптимального угла наклона между горизонтальной поверхностью и солнечным коллектором для периода с 1-го апреля по 30-е сентября, интервалом девять дней.

Таблица 1 – Углы наклона.

| Угол склонения Солнца, δ | Порядковый номер дня в году, отсчитанный от 1-го января | Широта места установки, φ | Угол падения солнечных лучей в полдень, при ориентировании солнечного коллектора точно на юг | Оптимальный угол между плоскостью солнечной панели и горизонтальной плоскостью |
|--|---|---|---|--|
| 4,0 | 91 | 37,6 | 32,6 | 57,4 |
| 6,4 | 97 | 37,6 | 30,2 | 59,8 |
| 8,7 | 103 | 37,6 | 27,9 | 62,1 |
| 10,9 | 109 | 37,6 | 25,7 | 64,3 |
| 13,0 | 115 | 37,6 | 23,6 | 66,4 |
| 14,9 | 121 | 37,6 | 21,7 | 68,3 |
| 16,7 | 127 | 37,6 | 19,9 | 70,1 |
| 18,3 | 133 | 37,6 | 18,3 | 71,7 |
| 19,7 | 139 | 37,6 | 16,9 | 73,1 |
| 20,9 | 145 | 37,6 | 15,7 | 74,3 |
| 21,9 | 151 | 37,6 | 14,7 | 75,3 |
| 22,6 | 157 | 37,6 | 14,0 | 76,0 |
| 23,2 | 163 | 37,6 | 13,4 | 76,6 |
| 23,4 | 169 | 37,6 | 13,2 | 76,8 |
| 23,4 | 175 | 37,6 | 13,2 | 76,8 |
| 23,2 | 181 | 37,6 | 13,4 | 76,6 |
| 22,7 | 187 | 37,6 | 13,9 | 76,1 |
| 22,0 | 193 | 37,6 | 14,6 | 75,4 |
| 21,0 | 199 | 37,6 | 15,6 | 74,4 |
| 19,8 | 205 | 37,6 | 16,8 | 73,2 |
| 18,4 | 211 | 37,6 | 18,2 | 71,8 |
| 16,8 | 217 | 37,6 | 19,8 | 70,2 |
| 15,1 | 223 | 37,6 | 21,5 | 68,5 |
| 13,1 | 229 | 37,6 | 23,5 | 66,5 |
| 11,0 | 235 | 37,6 | 25,6 | 64,4 |
| 8,9 | 241 | 37,6 | 27,7 | 62,3 |
| 6,6 | 247 | 37,6 | 30,0 | 60,0 |
| 4,2 | 253 | 37,6 | 32,4 | 57,6 |
| 1,8 | 259 | 37,6 | 34,8 | 55,2 |
| -1,0 | 266 | 37,6 | 37,6 | 52,4 |
| -3,8 | 273 | 37,6 | 40,4 | 49,6 |
| Оптимальный угол в период с 1-го апреля по 30-е сентября: | | | | 67 |

Следовательно, оптимальный угол между солнечным коллектором и горизонтальной плоскостью в период с 1-го апреля по 30-е сентября при ориентировании солнечного коллектора точно на юг, равен 67°.

Список используемых источников:

1. Солнечные энергетические установки для малых потребителей. Янчилин П.Ф. // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, 25 марта 2016 года. – Брест, БрГТУ, – С. 68-72.

2. <http://teploguru.ru/sistemy/otoplenie-solnechnym-kollektom.html>

ПУТИ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ШУМА ПРИ ПОГРУЖЕНИИ СВАЙ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства

Шум и вибрация могут в большей или меньшей степени временно активизировать или постоянно подавлять определенные психические процессы в организме человека. Физиопатологические последствия могут проявляться в форме нарушения функций слуха и других анализаторов, например, вестибулярного аппарата, координирующей функции коры головного мозга, нервной или пищеварительной системы, системы органов кровообращения. Кроме того, шум влияет на углеводный, жировой и белковый обмены веществ в организме.

Звуки различных частот даже при одинаковой их интенсивности воспринимаются по-другому. Низкочастотные звуки воспринимаются как относительно тихие, но по мере увеличения их частоты усиливается громкость восприятия, а при приближении их к верхней высокочастотной границе звуковой части спектра, громкость восприятия снова падает.

Область слухового восприятия, доступная человеческому уху, ограничивается порогами слышимости и болевого ощущения (рис. 1). Границы этих порогов в зависимости от частоты существенно меняются. Это объясняется тем, что высокочастотные звуки более неприятны для человека, чем низкочастотные (при одинаковых уровнях звукового давления). Границы этих порогов в зависимости от частоты существенно меняются, причем индивидуально для каждого человека.

Производственный шум различной интенсивности и спектра, длительно воздействующий на работающих, может привести со временем к снижению остроты слуха у последних, а иногда и к развитию профессиональной глухоты. Установлено, что потеря слуха обычно наступает под воздействием шума в диапазоне частот 3000-6000 Гц, а нарушение разборчивости речи — при частоте 1000-2000 Гц. Наибольшая потеря слуха работающих наблюдается в первые десять лет работы, причем эта опасность увеличивается с возрастом.

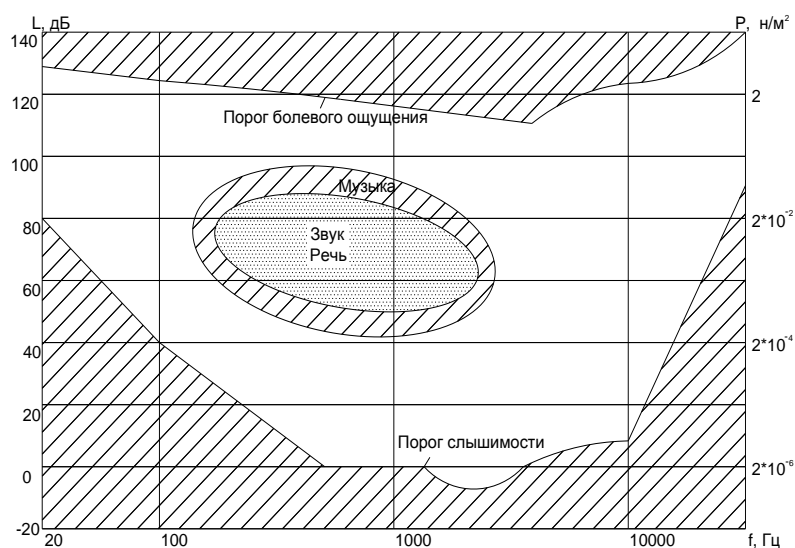


Рисунок 1. Область слухового восприятия человека.

Вибрация также отрицательно воздействует на центральную нервную систему, желудочно-кишечный тракт, органы равновесия (вестибулярный аппарат), вызывает головокружение, онемение конечностей, заболевание суставов. Длительное

воздействие вибрации приводит к профессиональному заболеванию – вибрационной болезни и другим рецидивам.

В профессиональных условиях источниками шума, вибрации и колебаний являются работающие станки, ручные механизированные инструменты, особенно отбойные молоты, компрессоры, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т.д. Наиболее шумными являются сваебойные установки, уровень шума которых может превышать 95, 98, 100 дБ в зависимости от расстояния от источника шума, а это превышает допустимые нормы в 1,5-2 раза и продолжает повышаться на 2 дБ в год и это немало.

Согласно действующим Санитарным нормам и правилам в области восьми среднегеометрических частот октавных полос (63, 126, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц) максимальный уровень звука в дневное (ночное) время суток составляет:

- в палатах больниц, санаториев и кабинетов врачей – 50 (40) дБ;
- в жилых домах, спальнях, учебных заведениях и школах – 55 (40) дБ;
- номерах гостиниц, жилых комнатах общежитий, больниц и санаториев – 60 (50) дБ.

Оптимальный уровень звука ниже допустимого на 10-15 дБ, из чего можно сделать вывод, что фактический уровень шума может превышать допустимый и оптимальный уровни в 2 раза и больше, что вредно для здоровья человека. По этой причине снижение уровня шума на производстве и в быту является важной проблемой современности и борьба с ним решается по многим направлениям. Это комплекс самых разнообразных мер, путей и решений (технических, технологических, конструкторских, организационных и др.) Рассмотрим некоторые из них, первоочередные.

1. Наиболее острой проблемой борьбой с шумом является техническая, и она тесным образом связана с механизацией работ на строительной площадке, строящихся и реконструируемых предприятиях, вблизи существующей застройки, на территории больниц, гостиниц, поликлиник, торговых залов, магазинов и т.п.

В ряде западноевропейских стран, например, Великобритании, погружение свай забивными и ударными способами запрещено в законодательном порядке в связи с недопустимыми уровнями звукового давления и вибрации при работе сваебойных машин (в связи с неблагоприятным влиянием колебаний звука и вибрации на существующие старинные здания), что побудило фирмы, выпускающие сваебойное оборудование, перейти на бесшумные технологии, буроопускные и опускные сваи, перестроиться на совершенствование конструкций машин и улучшение их технических характеристик.

Некоторые фирмы ФРГ, Швеции, Японии предлагают дизель-молоты с телескопическими и звукопоглощающими кожухами, устанавливаемыми на направляющих копра и опускающимися вместе с молотом по мере погружения сваи или шпунта. Внедрение звукопоглощающих кожухов ограничивается полезной длиной направляющих копра. Снижение уровня шума от применения звукопоглощающих кожухов составляет 10-15% и достигает 85-90 дБ.

В РФ и РБ, а также Японии, широко используется бурозабивной способ погружения свай в предварительно пробуренные лидерные (пионерные) скважины меньшего на 5-10 см диаметра по сравнению с наименьшим размером (стороной) поперечного сечения сваи. Для этого в наших странах используется раздельное бурение скважины и последующее погружение в нее сваи. В Японии разработана сваебойная установка с двумя рабочими органами — буровой штангой и дизельным

молотом; вначале бурется скважина, а затем в нее забивается свая. Также в Японии получил применение способ погружения стальных шпунтовых свай, оборудование для работ по которому состоит из трёх основных частей: свайного копра с земляным буром; стопорного устройства, установленного на буре; канатной системы, взаимосвязанной с приводом бура. Способ, благодаря стопорному устройству, позволяет передать энергию, расходуемую земляным буром, на шпунтовую свая.

В нашей стране предлагается эффективная для забивки свай копровая установка, защищенная патентом РБ № 8600 [1]. Сущность сводится к тому, что удар по свае производится не дизель-молотом, а механическим грузом при помощи пружины сжатия, установленной на направляющей копра и аккумулирующей энергию для погружения сваи.

2. Вторым направлением (технологическим) снижения шума при производстве свайных работ является смазка погружаемого элемента при помощи смол, паст, глинистого раствора, воды и т.д, что по существу является не новым, но прогрессивным техническим решением.

В этом направлении в БрГТУ предложено устройство для ускорения погружения сваи, на которое получен патент РБ на полезную модель № 8601 [2], согласно которому под низ и к боковой поверхности сваи подается насосом смазывающее вещество через патрубки, гибкий шланг, вентили, например, глинистый раствор, вода, обмазки и т.п.

3. Третьим направлением борьбы с шумом является использование подмыва грунта водой при погружении свай. С целью облегчения погружения сваи, свай-оболочек, особенно больших размеров (поперечного сечения и длины) в несвязные (песчаные) и малосвязные (суглинистые и глинистые) грунты, а также при большой глубине погружения и недостаточной погружающей способности (мощности) сваебойного или вибропогружающего механизма, применяют подмыв грунта водой под сваями высоконапорными насосами. Способ применим в том случае, если это не может вызвать просадки расположенных по соседству зданий и строений. На этом принципе погружения основана конструкция забивной сваи в тиксотропной рубашке [3]. Поставленная задача решается тем, что в известной забивной свае наконечник выполнен относительно ствола сваи с уширением на 1-2 см в стороны, в нижней части стенок ствола выполнены дополнительные радиальные сквозные отверстия, через которые к боковой поверхности ствола подается тиксотропный раствор из мелкодисперсной глины или воды, а сама полость заполнена крупнообломочными включениями из валунов, создающими колебания и давления в полости сваи.

4. Конструктивным приемом снижения шума в процессе погружения свай является разработка и использование высокоэффективных конструкций свай и фундаментов, обладающих низкой энергоемкостью погружения в грунт и высокой эффективностью работы. К ним можно отнести разработанные в БрГТУ забивную свая с "двойным" наконечником и с пазами на наконечнике (а.с. СССР № 1278403, 1135843) [4, 5]. Первая свая характеризуется пониженной на 15-25% энергоемкостью установки в грунт и повышенной на 10-15% несущей способностью по грунту основания по сравнению с типовыми призматическими сваями. Вторая конструкция сваи обеспечивает снижение энергоемкости погружения до 20% по сравнению с призматическими сваями при равной с последними несущей способности.

5. К организационным способам борьбы с шумом на стройплощадках можно отнести устройство противозумовых экранов, которые могут быть специальными и искусственными. Специальные экраны не допускают прямолинейного

распространения звука и их располагают между источником шума и защищаемой зоной. Материалом для них является бетон, металл, пластик, дерево и др., они должны иметь специальную конструкцию. Искусственные экраны устраивают в виде «зеленых» заборов, насаждений, посадок деревьев и кустарников, лесных полос и стен, которые должны вписываться в ландшафт, гармонировать с окружающей средой, отвечать эстетическим требованиям. Заборы и стены должны быть определенной высоты и ширины, сплошными или прерывистыми, надежно защищать территорию от шума.

Однако, наиболее эффективным направлением в снижении уровня шума представляется использование в производстве работ "бесшумных" технологических процессов, например, опускные, буропускные или бурозобивные способы устройства свайных фундаментов.

Список использованных источников:

1. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Мальцева Н.А. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках - Кишинев, Карта Молдовеняскэ, 1990. – 247 с.
2. Чернюк В.П., Пойта П.С. Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов. – Брест Облтипография 1998. – 216 с.
3. Чернюк В.П., Ивасюк П.П. Производство свайных работ в особых условиях. – Германия, LAPLAMBERT Academic Publishing – 195с.
4. Чернюк В.П., Пойта П.С., Бондарь А.В., Шляхова Е.И. Забивная свая. Патент РБ на полезную модель №11643, МПК Е 02Д5/00. Заявл. – 02.10.17. Оpubл. – 30.04.18.

Сопин Ю.Ю.

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЧАСТНОГО ДОМА

*Брестский государственный технический университет, ст. преподаватель
кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

Профессионально выполненный монтаж вентиляционных систем предусматривает соблюдение требований нормативно-технической документации. При этом должны быть учтены параметры конкретных объектов.

Сложность монтажа зависит от того, будет ли это наборная или моноблочная конструкция, местная или общеобменная вентиляция, вытяжная, приточная или естественная система. Многое зависит от того, где будет расположено оборудование — в чердачном или подвальном помещении, в техническом или жилом блоке.

Монтаж как бытовой, так и промышленной вентиляции включает в себя крепление воздуховодов, установку и подключение вентиляционных установок. В процессе монтажа гряда воздуховодов, отводов, переходов, тройников и прочего вентиляционного оборудования превращается в аккуратную, упорядоченную магистраль воздуховодов (рис. 1).

От качества монтажа системы вентиляции зависит надежность работы системы и возможность выполнения возложенных на нее задач. Если работа выполнена непрофессионально, вероятность возникновения поломок возрастает.

Любая вентиляция, как правило, предусматривает прокладку воздуховодов и отверстия в наружных стенах, а также необходимость предусмотреть изменение интерьера в связи с появлением воздуховодов, которые по определению украшением не являются. Монтаж вентиляции необходимо продумать еще до проведения отделочных работ и согласования конечного интерьера. При проведении монтажных работ используется специализированное профессиональное оборудование, что гарантирует безупречное качество работ, используются только высококачественные расходные и крепежные материалы и монтажные приспособления.



Рисунок 1. Расположение приточно-вытяжной вентиляции.

Система приточно вытяжной вентиляции конструктивно включает в себя два независимых канала подачи и удаления воздуха. Каждый из которых содержит несколько отдельных устройств, соединенных между собой воздуховодами. Приточно вытяжная принудительная вентиляция обычно включает в свой состав:

- *Воздухозаборные решетки*, обеспечивающие поступление в систему наружного воздуха и предохраняющие от попадания в воздуховоды посторонних предметов.
- *Воздушные клапаны*, регулирующие расход поступающего наружного воздуха и препятствующие проникновению в систему холодного воздуха при отключении системы.
- *Воздушные фильтры*, очищающие поступающий наружный воздух от различных примесей: насекомых, пыли и пр.
- *Вентиляторы*, обеспечивающие направленное перемещение воздушного потока по воздуховодным каналам.
- *Шумоглушители* для снижения аэродинамических шумов, возникающих при работе вентиляторов.
- *Воздуховоды и их фасонные части*, соединяющие все элементы системы в единую воздухораспределительную сеть.
- *Воздухораспределители*, служащие для распределения подаваемого свежего воздуха внутри помещений.

Устройство вентиляции в частном доме происходит по следующему алгоритму: сначала считаем воздухообмен и подбираем сечение воздуховодов, выбираем тип системы вентиляции. Затем составляется схема вентиляции в частном доме — определяем место установки вентиляционного оборудования, места забора свежего и выброса вытяжного воздуха, и места где будут проходить воздуховоды.

Порядок выполнения монтажных работ по установке воздуховодов должен производиться в следующей последовательности:

- 1) разметка мест установки средств крепления воздуховодов;
- 2) установка средств крепления;
- 3) согласования со строителями мест расположения и способов крепления грузоподъемных средств;
- 4) установка грузоподъемных средств;
- 5) доставка к месту монтажа деталей воздуховодов;
- 6) проверка комплектности и качества доставленных деталей воздуховодов;
- 7) сборка деталей воздуховодов в укрупненные блоки;
- 8) установка блока в проектное положение и закрепление его;
- 9) установка заглушек на верхних торцах вертикальных воздуховодов.

В современном строительстве особо велика роль монтажных работ как ведущего и завершающего строительного процесса. Поэтому совершенствование технологии и организации цикла монтажного производства является одним из основных направлений повышения эффективности строительства.

Вентиляция в частном доме своими руками, схема и расчет параметров системы — вполне выполнимый процесс, при условии соблюдения норм и рекомендаций. Система принудительной вентиляции в частном доме необходима там, где естественная вентиляция не способна обеспечить полноценного обновления воздуха. Чаще всего вентиляционные устройства необходимы в котельных, ванных комнатах, туалетах и кухнях.

На рынке вентиляционного оборудования представлено множество видов и типов вентиляционного оборудования и материалов. При варианте принудительной вентиляции для того, чтобы развести по дому приточный воздух и отвести вытяжной, используются воздуховоды. Какой же лучше использовать воздуховод: круглый, прямоугольный или гибкий; металлический или неметаллический? Как при необходимости осуществить теплоизоляцию воздуховодов?

Международная компания Upronog представляет уникальные воздуховоды для систем вентиляции, которые уже доступны для покупателей в СНГ. Для организации системы вентиляции в загородных домах и в квартирах Upronog предлагает использовать пластиковые воздуховоды из полипропилена и фасонные части к ним. Воздуховоды и компоненты системы изготавливаются из полипропилена, который относится к износостойчивым пластмассам и не подвержен воздействию коррозии. Внутренняя поверхность воздуховодов и их компонентов имеет гладкую структуру и изготавливается из антистатического материала, что препятствует оседанию на ней пыли или грязи. Уникальная технология соединения воздуховодов и фасонных элементов не требует дополнительного использования герметизирующей ленты, при этом обеспечивается стопроцентная герметичность (рис. 2). Резку воздуховодов можно производить с помощью ручного инструмента, например, ножовки.



Рисунок 2. Воздуховоды и фасонные элементы систем вентиляции Upronog.

Теплоизолированные воздуховоды позволяют осуществлять подачу свежего воздуха с минимальными потерями теплоты. В дополнение к этому предотвращают риски, связанные с выпадением конденсата и возможными ошибками при монтаже.

Основные преимущества систем для жителей дома:

1. Система гарантирует чистоту в помещении, не подвержена коррозии, исключается возникновение неприятного запаха;
2. При производстве систем используется нетоксичный полипропилен с антистатическими свойствами, устойчивый к любым видам загрязнений, что позволяет избежать накопления пыли и грязи в ходе эксплуатации;
3. Монтаж системы не требует применения дополнительных материалов для соединения и герметизации, сама установка проходит быстро и просто.

Правильная вентиляция в частном доме предотвращает образование конденсата, распространение плесени и грибка, создает благоприятный микроклимат для проживающих в доме людей. Вентилярованием должны обеспечиваться не только жилые комнаты, но и хозяйственно-технические помещения: ванны, кухни, санузлы, подвалы, котельные.

Список используемых источников:

1. ТКП 45-1.03-85-2007. Внутренние инженерные системы зданий и сооружений. Правила монтажа. – Минск, 2008. – 37с.
2. Подготовка, сборка и монтаж систем отопления и вентиляции: методические указания к курсовому проекту для студентов специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» по дисциплине «Технология и организация строительных и монтажно-заготовительных процессов»/сост. С.В. Жаров. – Омск: СибАДИ, 2009. – 56 с.

Игнатюк Т.В., Лешко Г.В., Игнатюк Е.В.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ СТУДЕНЧЕСКИХ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение и вентиляция группы ТВ-14

«Начинайте изучать безопасность труда в молодом возрасте и гарантируйте себе ее на протяжении всей жизни» — заявил директор Европейского агентства по охране труда на производстве Ганс-Хорст Конколевский, на одном из международных семинаров.

В век развития технологий, меняющейся организации работы в строительстве данная фраза имеет особое значение в любой период истории. Меняются контрактные отношения между нанимателем и работником, и часто не в сторону улучшения для сотрудника, что и приводит к появлению более сложной психологической атмосферы на рабочем месте. Зачастую тяжелая моральная обстановка на предприятии и является причиной производственного травматизма. Статистика показывает, что травматизм среди работников от 16 до 25 лет в 1,5 раза выше, чем среди сотрудников более старших возрастных групп. Связанно это с недостатком производственного опыта и моральной нагрузкой на молодого специалиста, который проходит период

адаптации к производственным отношениям. Современная система образования организована таким образом, что предмет охрана труда включен в программу обучения на всех ступенях образования. В организациях организованы дополнительные обучающие курсы по охране труда. Это, безусловно, приносит свои плоды, но так как количество часов в разных учебных учреждениях разное, то и овладение навыками будет различной. Необходимо пересмотреть данный вопрос и внести изменения. Чем раньше мы начнем прививать культуру поведения в области безопасности, обучать правилам безопасности труда, тем быстрее мы придем к улучшению статистики в области несчастных случаев. Во всех странах мира действуют законодательные акты или правительственные постановления, касающиеся изучения предмета охрана труда и обучения правилам безопасности выполнения работ. В одних случаях это теоритические курсы, в других изучение осуществляется в ходе производственной практики. В нашей стране для обучения и проверки знаний используют компьютерные программы. Экзамены молодые специалисты сдают посредством тестирования.

В РБ действующее законодательная база по охране труда находится на уровне хороших европейских законов, но у нас существует другая проблема — плохое исполнение законов и активное желание обойти их с любой стороны. Поэтому важно воспитывать в обществе принципы законопослушания смолоду.

Стоит перенять опыт зарубежных коллег, которые проводят различные обучающие игры, как для учащихся средних и высших учреждений, так и для уже состоявшихся специалистов. Обучаемый выступает в роли ответственного работника за охрану труда и решает конкретно поставленные задачи. Для этого необходимы знания, прежде всего нормативных актов в области охраны труда.

Как и во всем мире, в РБ основы безопасности и жизнедеятельности начинают изучать еще в школе прививая поведенческие навыки во избежание опасности в школе, дома и на улице. Для детей дошкольного возраста предусмотрены обучающие мультипликационные сериалы, транслирующиеся по телевидению. Главный герой Аркадий Паровозов объясняет детям дошкольного возраста, как нужно вести себя в критической ситуации. В других странах мира такие мультфильмы тоже существуют. В такой доступной игровой форме дошколята познают азы безопасности. Для детей более старшего возраста занятия должны проводиться так же в игровой форме. Должны быть созданы практические ситуации с возможностью их решить на месте и это касается не только бытовых условий. Последнее время участились случаи проявления агрессии со стороны самих учащихся. Ребята должны научиться правильно, реагировать в таких ситуациях. Для студентов и учащихся необходимо ввести дополнительные практические занятия по оказанию первой доврачебной помощи, при чем это не должно быть курсом так как навыки со временем теряются, занятия должны проводиться на постоянной основе в течении всего времени обучения. Так же необходимо более углубленное изучение методов безопасного ведения работ конкретно в сфере деятельности будущего специалиста. Учащиеся должны научиться оценивать риски, должны понимать необходимость дальнейшего повышения квалификации и уровень повышения мастерства, ознакомления с системами и принципами охраны труда.

Поскольку профессиональные риски не очень хорошо видны с университетских кафедр, зачастую курсом охраны труда пренебрегают или уменьшают количество часов в пользу других предметов. В Великобритании министерство труда стало инициировать возрождение охраны труда как науки. Добилось введения курсов со школьной скамьи и заканчивая университетом. По их мнению, процент травматизма

на производстве посредством такого решения должен сократиться на 30%. Курс охраны труда за рубежом входит также в аспирантские программы. В Португалии, например, действует девиз: «Безопасность труда на работе: изучай сегодня — применяй знания всю жизнь», причем считают обязательным этот курс в средних, специальных и высших учреждениях, а также подготовку преподавателей по этой дисциплине. Аналогичная работа ведется на университетском уровне в Испании и многих странах ЕС, где на регулярную основу поставлена защита диссертаций на получение степени магистра по проблемам охраны труда. В их число входит и Финляндия. Европейская комиссия в обсуждении новой Стратегии в области безопасности и охраны труда на 2013-2020 года отметила основную мысль: «Обучение начинается с приходом на рынок труда, оно должно быть неотъемлемо частью школьных программ, либо ради воспитания в людях внимания к этой проблеме, чему учат в некоторых странах, либо изучения предмета профессионально. Самым важным в этом виде образования является профессиональное обучение, оно должно быть непрерывным и отвечать реалиям дня имея целью оказание непосредственного влияния на производственную среду».

Список используемых источников:

1. Охрана труда в Евросоюзе [Электронный ресурс]. – 2019. –Режим доступа: – <https://ohranatruda.ru/news/901/148726/> Дата доступа: 11.03.2019.
2. Охрана труда в Евросоюзе [Электронный ресурс]. – 2019. –Режим доступа: – <http://www.enshpo.eu/userfiles/ENSHPO%20newsletter%20in%20Russian.pdf>. Дата доступа: 11.03.2019.

Янчилин П.Ф.

ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛИОУСТАНОВКИ «ЛУЧ» ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ

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

Довольно распространенный и, пожалуй, наиболее перспективный вариант использования солнечной энергии для теплоснабжения индивидуальных домов и других небольших объектов — система, представляющая собой комбинацию солнечных коллекторов, бака-аккумулятора, одного или нескольких отопительных котлов (технологически более «продвинутой» схема предусматривает еще и тепловой насос). Такое сочетание обеспечивает комфортные условия с наименьшими затратами традиционных энергоносителей. В данном случае бак-аккумулятор с системой встроенных теплообменников играет роль объединяющего и согласующего элемента всей установки теплоснабжения.

Применение в гелиосистемах в качестве теплоносителя низкотемпературной жидкости на основе глицерина — этилен-гликоля или пропилен-гликоля с присадками, защищающими теплопроводы от коррозии, позволяет эксплуатировать системы круглый год.

В научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ разработана под руководством профессора, д.т.н. Северянина Виталия Степановича гелиоустановка «ЛУЧ». Основными особенностями этой установки являются расщепление

параболоида вращения на отдельные конусы и состоящий из них гелиоконцентратор (в виде группы концентрических конусов, имеющих общий фокус на теплоприёмнике), и ориентирование на Солнце механизмом слежения.

Схема бивалентного приготовления ГВС с ёмкостным водонагревателем и двухконтурным котлом показана на рисунке 1, где цифрами обозначены: 1 – ёмкостной водонагреватель (бойлер) ГВС, 2 – котёл отопительный двухконтурный, 3 – гелиоустановка «ЛУЧ», 4 – насосный узел гелиоустановки, 5 – система горячего водоснабжения (водоразборные точки), 6 – контур системы отопления.

Одна из возможных комбинированных схем подключения, использующих три источника теплоты (гелиоустановка, тепловой насос, газовый котёл) — схема бивалентного приготовления ГВС и поддержки системы отопления с комбинированным ёмкостным водонагревателем, приведена на рисунке 2, где цифрами обозначены: 1 – установка теплового насоса, 2 – основной ёмкостной водонагреватель (бойлер) ГВС, 3 – буферная ёмкость, 4 – дополнительный ёмкостной водонагреватель ГВС, 5 – газовый отопительный котёл, 6 – гелиоустановка «ЛУЧ», 7 – насосный узел гелиоустановки, 8 – теплообменник центрального теплоснабжения, 9 – гидравлическая стрелка, 10 – контур системы отопления, 11 – система горячего водоснабжения (водоразборные точки) [1].

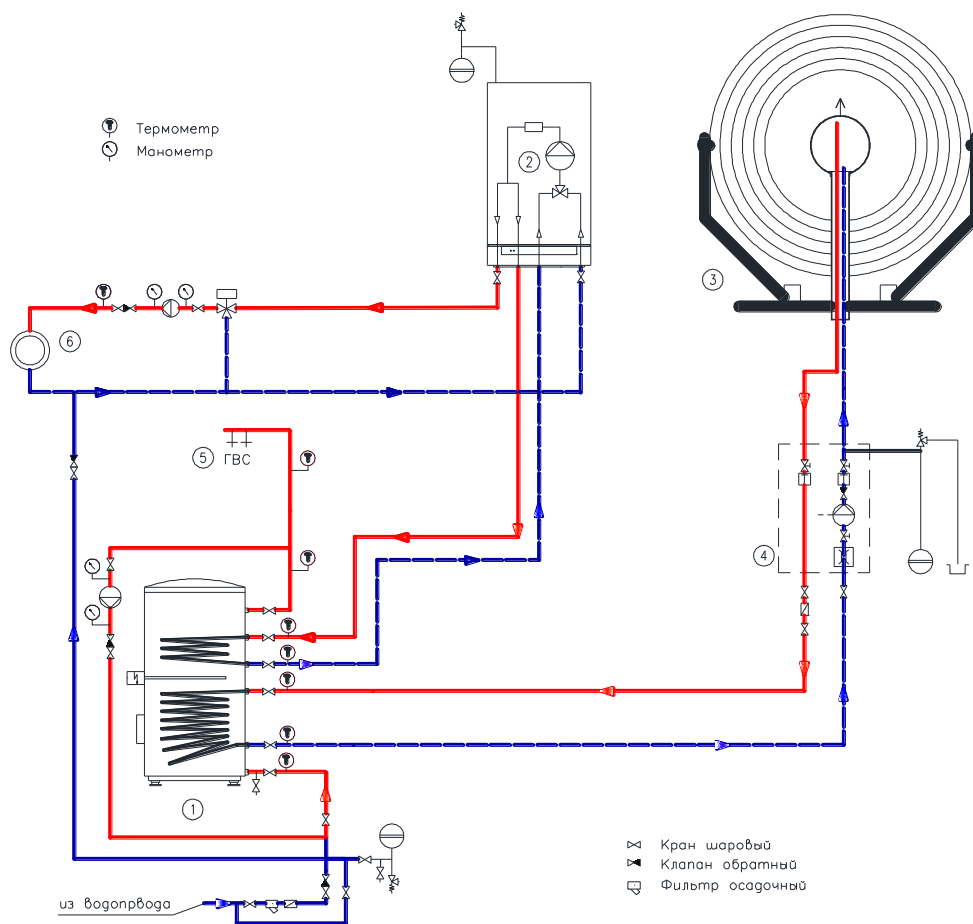


Рисунок 1. Схема бивалентного приготовления ГВС с ёмкостным водонагревателем и двухконтурным котлом.

Аналогично гелиоустановка используется и для нужд хладоснабжения тех же потребителей при соответствующем её укомплектовании. Так же возможно применение данной установки для систем освещения (теплоприёмник выполняется из прозрачного материала).

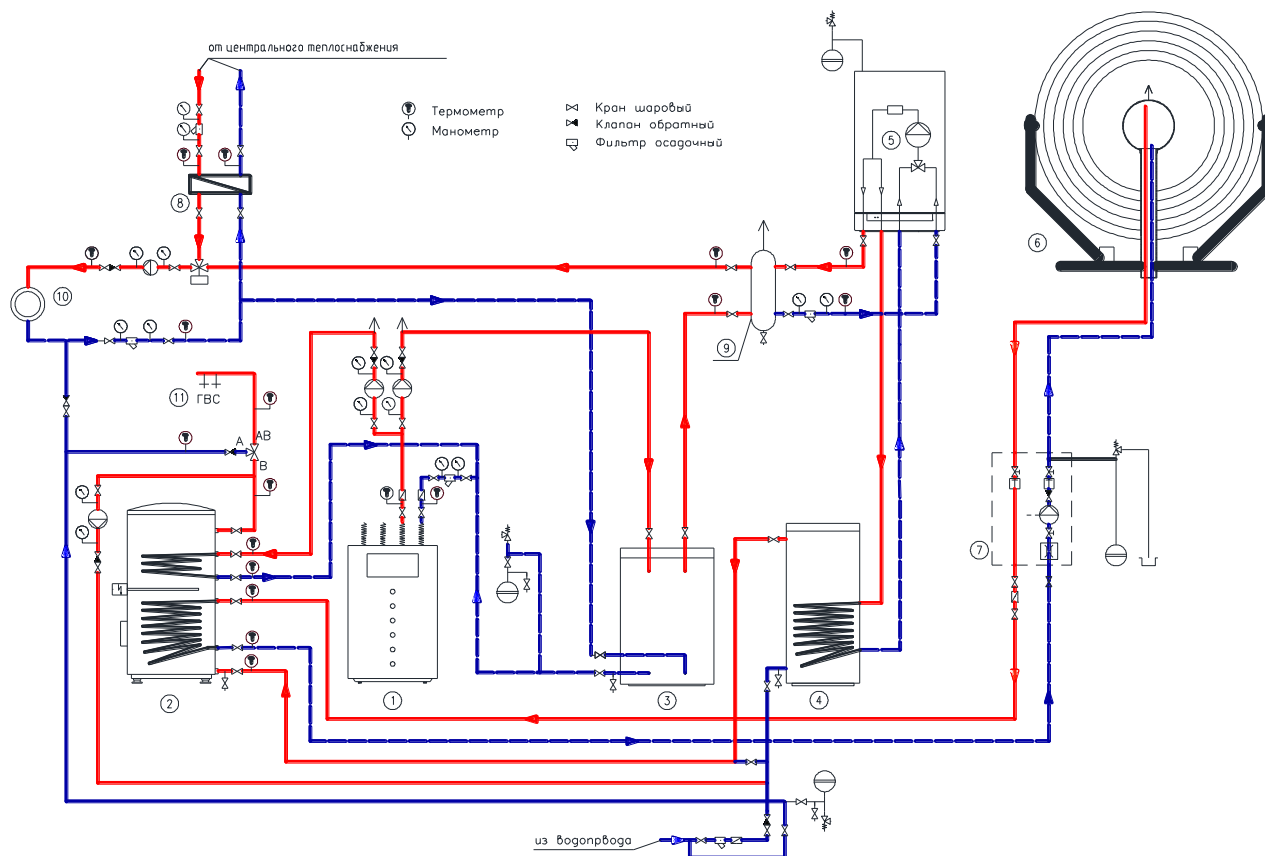


Рисунок 2. Схема бивалентного приготовления ГВС и поддержки системы отопления с комбинированным емкостным водонагревателем

Список используемых источников:

1. Варианты использования гелиоустановки «ЛУЧ». П.Ф. Янчилин. Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 61–66.

Клюева Е.В.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ

Брестский государственный технический университет, ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

На сегодняшний день аэрогель представляет собой достаточно уникальный материал, свойства которого известны также хорошо, как и свойства минеральной ваты, но этого не скажешь о технологии изготовления этого вещества. Сама технология получения аэрогеля известна, но для улучшения этого процесса можно еще многое сделать. Самым крупным производителем аэрогеля является Китай (6 заводов). Что же такое аэрогель? Аэрогели (от лат. *Aer* — воздух и *gelatus* — замороженный) — класс материалов, представляющих собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. Распространены аэрогели на основе

аморфного диоксида кремния, глинозёмов, а также оксидов хрома и олова. Вначале 1990-х получены первые образцы аэрогеля на основе углерода. Такие материалы обладают рекордно низкой плотностью и демонстрируют ряд уникальных свойств:

- плотность в 1,5 раза больше плотности воздуха,
- жаропрочность (до 1100°C),
- низкая теплопроводность, т.к. это наноматериал, в котором практически нет свободного пробега молекул газов,
- колоссальная площадь поверхности около 800-1000 м² на 1 грамм,
- высокая прочность на сжатие (выдерживает нагрузку в 2000 раз больше собственного веса),
- высокие противопожарные характеристики (плохо проводит тепло, не плавится, не горит, не выделяет дым),
- низкий вес.

Внешне аэрогель похож на очень легкий и хрупкий пластик. Применить его в таком чистом виде в строительных конструкциях и технической изоляции сложно, его нужно использовать в другом виде, как некую внесенную часть (нанесение аэрогеля на какую-то основу).

Аэрогель находит применение в различных областях: теплоизоляция, строительные конструкции (как наполнитель в других строительных материалах), подводные трубопроводы (гидроизоляция), нефтепереработка, ВВС и космос, уменьшение инфракрасного излучения, криогеника, изготовление одежды и обуви.

Технология производства этого материала представлена тремя стадиями. Сначала аэрогель смешивают со специальной жидкостью, затем этой жидкостью пропитывают рулоны из стекловолокна с добавлением волокон из полиэтилентерефталата, потом материал отправляют в автоклав, где вся жидкая фаза в виде спирта удаляется. В итоге получается первый слой аэрогеля, который осажден на волокне. Чтобы сделать 10 мм аэрогеля на волокне требуется 17 таких циклов.

Эффективность аэрогеля и его преимущество перед другими изоляционными материалами при обеспечении одинакового уровня теплового потока с поверхности трубы заключается в значительном выигрыше по толщине и простоте монтажа. Например, 20 мм аэрогеля при температуре больше 300°C примерно в 4,5 раза эффективней минеральной ваты (85 мм). При таких же условиях толщина пеностекла составляет 95 мм, кальций силикатной изоляции (керамические волокна) — 110 мм. Чем выше температура, тем выше эффективность аэрогеля, поэтому для теплоизоляции это будет самый лучший материал, при условии снижения цены. Он не требует дополнительных покровных слоев. На холодных поверхностях аэрогель не столь хорош (температуры низкие и тепловые потоки очень маленькие), но он эффективнее в 2,5 раза, чем ППУ и пеностекло.

Комбинация низкой теплопроводности и малой толщины позволяет применять материал там, где сочетаются высокие требования к теплоизоляции и ограничения по толщине теплоизоляционного слоя (например, чехлы для оборудования). Аэрогель гидрофобен и паропроницаем, он не является гидроизоляционным материалом, но играет существенную роль в защите конструкции от коррозии, т.к. частицы аэрогеля отталкивают молекулы воды, а структура холста позволяет материалу свободно пропускать пар. Аэрогель является негорючим материалом, устойчивым к открытому огню и не теряет своих физико-технических свойств при длительной эксплуатации при высоких температурах.

Прочностные свойства аэрогеля будут зависеть от типа волокна, на которые он нанесен. Первыми по прочности будут керамические волокна, на втором месте

стекло, на третьем — карбон. Материал прост и удобен при монтаже: легко режется кровельным ножом и, благодаря гибкости, плотно прилегает к изолируемой поверхности. Также аэрогель устойчив к механическому воздействию: падению инструментов, передвижению рабочих по изолируемой конструкции, погрузке готовых изолированных конструкций. Подтвержденная долговечность материала 50 лет и более. Однако, из-за своей хрупкости и ломкости, аэрогель может сильно пылить, также он более жесткий, по сравнению с минеральной ватой, и обрабатывать его вокруг поверхностей сложнее (лучше использовать несколько более тонких слоев). Таким образом, аэрогель — это чудодейственный материал, способный решить также вопросы тепловой изоляции и энергоэффективности. Это вещество изобретено более 80 лет назад, но до сих пор считается материалом будущего.

Список использованных источников:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/аэрогель>
2. <https://www.abok.ru/>
3. <https://венторус.рф/articles/chto-takoe-aerogel/>

Игнатюк Т.В.

МЕТОДИКА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

*Брестский государственный технический университет, ст. преподаватель
кафедры технологии строительного производства*

Все исследования в области охраны труда посвящены изучению профессиональной заболеваемости, причин и профилактике производственного травматизма. Любой подход к исследованиям вопросов охраны труда начинается с установления эпидемиологического контроля, к сбору, анализу информации о телесных повреждениях и травмах, рисках возникновения опасных ситуаций на производстве, продолжительности их воздействия на человека, производственных процессах и отдельных группах производственного персонала.

Строительное производство является одной из наиболее травмоопасных отраслей промышленности, что связывается с большим количеством действующих производственных факторов, которые носят постоянный характер или присутствуют потенциально, чем усугубляют высокий уровень профессиональных рисков.

Какие методы используются для анализа производственного травматизма? На какие параметры обращает внимание работодатель? Прежде всего, это касается анализа информации о телесных повреждениях и травмах на производстве.

Анализ несчастных случаев на производстве — это исследование и распределение несчастных случаев на производстве по видам производств, травмирующим факторам и причинам их возникновения в целях выявления общих тенденций и принятия предупреждающих мер.

Во всех странах мира осуществляется сбор и формирование статистических данных о количестве, видах и причинах несчастных случаев на производстве. Установленный порядок статистического наблюдения за несчастными случаями на производстве соответствует общепринятым и позволяет качественно проводить анализ производственного травматизма.

Для выработки оптимальных профилактических мер работодатель должен иметь количественную информацию о степени производственного риска в своей организации в целях сравнения ее с другими организациями, осуществлять статистические исследования (анализ), при проведении которых необходимо:

- установить взаимосвязь между частотой и тяжестью несчастных случаев на производстве и общим объемом выполненной работы, количеством работников, выполнявших ее, и числом отработанных человеко-часов;
- определить степень реального производственного риска, достоверность оценки которой достигается, если показатели частоты и тяжести несчастных случаев на производстве получены на основе достаточно большого количества отработанных человеко-часов и других оценочных показателей объема выполняемых работ;
- сравнивать только сопоставимые величины и факты, причем, как правило, в рамках одной профессии (или однородных профессий).

Наиболее важным является проведение исследования непосредственных причин несчастных случаев или проведение качественного анализа. В мировой практике известны и используются пять основных видов качественного анализа несчастных случаев на производстве:

1. Анализ и идентификация (распределение) типов несчастных случаев на производстве. Целью этого анализа является определение круга отраслей экономики, организаций (их структурных подразделений), для которых характерны несчастные случаи на производстве данного типа.

2. Анализ на основе мониторинга изменений структуры производственного травматизма. Цель данного анализа заключается в получении информации о происшедших за анализируемый период количественных изменениях (как позитивных, так и негативных) в типах несчастных случаев на производстве и их основных причинах. Результатом данного анализа может стать оценка эффективности предпринимаемых профилактических мер, а также меры по предупреждению проявлений новых факторов производственного риска.

3. Анализ для планирования приоритетных организационно-технических мероприятий по обеспечению безопасности труда. Цель этого анализа определить, где и какие первоочередные профилактические мероприятия необходимо проводить.

4. Анализ с целью определения основных причин несчастных случаев на производстве. В последующем данная информация используется для выбора, детальной разработки и осуществления конкретных мероприятий по предупреждению производственного травматизма.

5. Углубленный анализ специальных вопросов, связанных с происходящими несчастными случаями на производстве. Этот анализ проводится в целях тщательного исследования причин несчастных случаев на производстве и их комплексной оценки либо выявления новых видов (типов) производственных рисков.

Перечисленные виды анализа несчастных случаев на производстве могут проводиться на различных уровнях от конкретной организации, отрасли или региона до государства в целом.

В последнее время широкое распространение при исследовании травоопасности получили методы, основанные на детальном изучении конструкции оборудования и рабочих операции, что позволяет выявить не только причины уже происшедших несчастных случаев, но и потенциальные причины травм, источники опасности. Основными критериями оценки травоопасности являются вероятность возникновения несчастного случая или отказа в работе оборудования, который может

привести к несчастному случаю. Эти методы разработали В.М. Миц, Ю.И. Поляков, Н.К. Супаков и другие авторы. Для характеристики уровня производственного травматизма в бригаде, участке, цехе, предприятии, отрасли и народном хозяйстве в целом, а также для сопоставления состояния травматизма в этих структурных подразделениях используются относительные показатели (коэффициенты) частоты, тяжести несчастных случаев и нетрудоспособности. Показатели рассчитываются на основе данных отчета о пострадавших при несчастных случаях. Показатель частоты несчастных случаев $k_{\text{ч}}$:

$$k_{\text{ч}} = H \cdot 1000 / P$$

где H – число несчастных случаев за рассматриваемый период с потерей трудоспособности на один день и более;

P – среднесписочное число работающих за этот же период.

Физический смысл показателя заключается в том, что он оценивает число несчастных случаев, приходящееся на 1000 работающих в рассматриваемом структурном подразделении за отчетный период. Показатель тяжести несчастных случаев $k_{\text{т}}$:

$$k_{\text{т}} = D / H$$

где D – суммарное число дней нетрудоспособности из-за несчастных случаев, произошедших в подразделении за рассматриваемый период.

Физический смысл показателя заключается в том, что он оценивает среднее число дней нетрудоспособности, приходящееся на один несчастный случай (за рассматриваемый период в подразделении). Так как при разных значениях этих показателей трудно установить, в каком подразделении состояние с травматизмом и обусловленными им материальными потерями обстоит лучше, дополнительно используется показатель нетрудоспособности $k_{\text{д}}$:

$$k_{\text{д}} = D \cdot 1000 / P$$

Его физический смысл заключается в оценке дней нетрудоспособности, приходящихся на 1000 работающих среднесписочного состава за рассматриваемый период в подразделении.

Для анализа производственного травматизма с целью разработки рациональных мероприятий по предупреждению несчастных случаев используются наиболее распространенные методы: статистический, монографический и экономический.

Статистический метод анализа несчастных случаев на производстве основан на изучении причин травматизма по документам, на анализе статистических данных об уже произошедших травмах, содержащихся в актах по форме Н-1 или отчетах предприятий. Он позволяет анализировать несчастные случаи по причинам, тяжести травм, полу, возрасту, стажу, профессии, обученности пострадавших, видам оборудования, производствам и другим показателям. Анализ проводится обычным способом или с помощью ЭВМ, а его результаты оформляются в виде таблиц, графиков и диаграмм. Разновидностями статистического метода являются групповой и топографический.

Монографический метод анализа производственного травматизма включает в себя детальное исследование всего комплекса условий, при которых произошел несчастный случай: трудовой и технологический процессы, организация рабочего места, основное и вспомогательное оборудование, обрабатываемые материалы, используемое сырье, индивидуальные средства защиты, производственная среда и т.д. В результате такого анализа выявляются не только причины несчастных случаев, но и потенциальные опасности и вредности. Метод дает возможность наиболее полно установить способы и меры предупреждения производственных травм.

Существует также экономический метод анализа производственного травматизма, суть которого заключается в определении потерь (ущерба), вызванных несчастными случаями, а также в оценке социально-экономической эффективности мероприятий по предупреждению производственных травм. При этом учитывается как прямой, так и косвенный ущерб от несчастных случаев на производстве.

Экономический метод позволяет оценить материальный ущерб от травматизма, эффективность затрат на его профилактику. Материальные затраты от травматизма на предприятии складываются из возмещения (в соответствии с регрессивными требованиями) бюджету государственного социального страхования расходов на выплату пособий по временной нетрудоспособности (Π_1); возмещения органам социального обеспечения части или полных сумм пенсий инвалидам труда, если инвалидность наступила по вине предприятия (Π_2); выплат пособий нетрудоспособным членам семьи в случае потери кормильца в связи с производственной травмой со смертельным исходом (Π_3); выплат пособий при временном переводе работающего на другую работу по состоянию здоровья (возмещение сократившегося заработка) (Π_4); возмещения ущерба работающим при частичной потере трудоспособности (доплата до среднего заработка) (Π_5); затрат предприятия на профессиональную подготовку и переподготовку рабочих, принимаемых взамен выбывших в связи с травмой, а также из-за неудовлетворенности условиями труда вследствие их вредности, опасности или тяжести (Π_6). Исходя из этого, общие материальные последствия предприятия от травматизма составляют (в руб.):

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 + \Pi_5$$

Исходными данными для расчета этих последствий располагает бухгалтерия предприятия. Материальные последствия в народном хозяйстве за год (в руб.):

$$M_n = D_n \cdot (B + Б).$$

где D_n – общее число дней нетрудоспособности из-за травматизма в году;
 B – среднедневная выработка одного работающего;
 $Б$ – среднедневная выплата по листкам нетрудоспособности.

Показатель материальных потерь в течение года может быть определен, на 1000 работающих:

$$k_n = M_n \cdot 1000 / P$$

или на миллион рублей валовой продукции:

$$k_n = M_n \cdot 1000000 / c$$

где c – стоимость (годовой) валовой продукции, руб.

Этот метод является дополнительным, так как не дает возможности выявить причины травматизма, т. е. основное, что необходимо для разработки мер по его профилактике. Анализ производственного травматизма и профзаболеваемости позволяет обнаружить причины и определить закономерности их возникновения. На основе результатов анализа несчастных случаев в организациях необходимо разрабатывать и осуществлять превентивные мероприятия по профилактике производственного травматизма, которые подразделяются на организационные, технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические и пр.

Список использованных источников:

1. <http://tekhnosfera.com/snizhenie-proizvodstvennogo-travmatizma-na-derevoobrabatvyayuschem-oborudovanii#ixzz5j5zsDb8L>
2. <http://ppt.ru/art/ot/koeff-travmatizma>
3. <https://websot.jimdo.com/обучение/учебный-курс/анализ-травматизма/>
4. <http://base.safework.ru/iloenc?doc&nd=857100086&nh=0&ssect=0>

Сальникова С.Р.

БУДУЩЕЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ — ЗА ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ОБУЧЕНИЕМ

*Брестский государственный технический университет, ст. преподаватель
кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

Инновационное развитие Беларуси неотъемлемо связано с развитием образования. Непрерывное профессиональное образование обусловлено прогрессом науки и техники, широким применением передовых технологий. Для улучшения качества обучения необходимо применять в практике образовательной деятельности передовые педагогические и информационные технологии. Практико-ориентированность — важнейшее направление развития всей системы высшего образования. Для экономики важно, чтобы специалист сразу после студенческой скамьи мог активно влиться в работу и решать производственные задачи.

У Брестского государственного технического университета есть базовые организации, которые фактически являются заказчиками кадров, участвуют в формировании образовательных программ и выстраивании образовательных процессов. Они же становятся местами, где студенты проходят практику, — это отдельная важная составляющая практического обучения.

УП «Брестоблгаз» является базовым предприятием кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета. 11 октября 2018 г. на территории предприятия состоялось торжественное вручение зачетных книжек студентам первого курса специальности «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» группы ТВ-16. В мероприятии приняли участие генеральный директор УП «Брестоблгаз» Е.А. Казимирчик, заместитель генерального директора по идеологической работе, социальным и общим вопросам В.В. Боровенко, проректор БрГТУ по воспитательной работе Н.П. Яловая, заведующий кафедрой ТГВ В.Г. Новосельцев и преподаватели кафедры С.Р. Сальникова, Ю.Ю. Сопин, П.Ф. Янчилин.



Вручение проходило на учебно-тренировочном полигоне, который является частью центра дополнительного профессионального образования работников УП «Брестоблгаз». Здесь обучают практическим навыкам эксплуатации и ремонта внутридомового газового оборудования, оборудования производственных объектов систем газораспределения и газопотребления, наружных и подземных газопроводов с выполнением всего комплекса газоопасных работ. На этой учебной базе в рамках работы филиала кафедры теплогазоснабжения и вентиляции с 2019 года проводится обучение студентов 4 и 5 курсов специальности 1-70 04 02 Теплогазоснабжение,

вентиляция и охрана воздушного бассейна. Для студентов, учебно-тренировочная база — возможность погрузиться в профессию, ощутить все собственными руками и применить на практике полученные на занятиях знания. На полигоне их знакомят с тонкостями и особенностями эксплуатации и ремонта системы газоснабжения и газораспределения газового хозяйства. После такой практики, у ребят не только получатся прекрасные дипломные работы, но и, несомненно, появится желание остаться, расти и развиваться именно в газовой отрасли.

Ежегодно 19% выпускников данной специальности трудоустраиваются в структуре УП «Брестоблгаз».



По инициативе УП «Брестоблгаз» в университете создана специальная структура — служба переподготовки кадров, которая дает возможность получить преимущественно заочно высшее образование по интегрированной сокращенной программе. То есть дополнить свою хорошую базовую практическую подготовку хорошим теоретическим уровнем, становясь квалифицированными инженерами. Такая интегрированная подготовка позволяет еще и экономить определенные финансовые ресурсы, так как сокращаются сроки обучения, и сохранить преемственность в специальности.



Кроме того, руководители предприятия участвуют непосредственно в подготовке специалистов в ВУЗе, являются членами государственных экзаменационных комиссий, где тоже идет отбор студентов для трудоустройства в региональные подразделения УП «Брестоблгаза».

Организацию производственной практики студентов непосредственно на предприятиях необходимо рассматривать с позиции взаимосвязи и взаимодействия теории и практики в процессе обучения. Адаптационная функция проявляется в том, что студент не только знакомится с разными видами, условиями работы, правилами внутреннего распорядка, традициями предприятий, но и с основными направлениями, содержанием, формами и способами работы специалистов, работающих в данных

организациях. Специалист, выходящий из стен ВУЗа, должен быть хорошо подготовлен к производственной, организационно-управленческой или научно-исследовательской работе. Он должен быть достаточно компетентный, знающий, уметь применять на практике полученные знания, владеть передовыми методами управления трудовым коллективом, знать экономические проблемы страны и успешно решать задачи, связанные с микроэкономическими проблемами управления.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что правильная организация практики является одним из самых важных путей подготовки студента к профессиональной деятельности в условиях постоянно и быстро меняющихся реалий нашей жизни, способствует углублению и расширению теоретических знаний, формированию умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию. Происходит формирование и развитие самостоятельной активности студентов, творческой инициативы, ответственности и организованности.

Список использованных источников:

1. Отличной учебы, студенты! – УП «Брестоблгаз»/Брест: Наша газета № 10, 2019.
2. Внедрение инструментов и политики по улучшению качества образования на институциональном уровне. Информационные материалы. – Минск, 2013.

Тур Э.А., Халецкий В.А., Тур А.В.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФАСАДНЫЕ КРАСКИ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЯ

Брестский государственный технический университет, кафедра инженерной экологии и химии, к.т.н., доцент, зав. кафедрой ИЭиХ, старший преподаватель кафедры ИЭиХ, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-12

Облицовка различными минеральными материалами: штукатурками различного состава, декоративными штукатурками, в том числе с крошкой натурального камня, цементными и керамическими плитками, облицовочным кирпичом традиционно применяется для фасадов городских зданий в странах Западной Европы, России и Республики Беларусь. Такие поверхности окрашивают различными красками, как неорганическими, так и на основе полимерных связующих различной природы.

Вода в виде атмосферных осадков (капельная влага) и водяные пары являются основными факторами, приводящими к разрушению лакокрасочных покрытий (ЛКП). Капельная влага поступает внутрь конструкции в основном при выпадении атмосферных осадков, а также через цоколь и кровлю здания при недостаточной гидроизоляции и нарушении действующей системы водостоков. Водяной пар в помещениях имеет биогенное происхождение, либо образуется при работе бытового и промышленного оборудования; он проникает внутрь стен, где может конденсироваться в холодное время года. Повышенная влажность стен увеличивает потери тепла зимой, способствует росту водорослей (на фасаде здания), грибов и плесени (внутри здания). Циклическое замерзание воды в капиллярах искусственного каменного материала (замораживание-оттаивание) приводит к появлению внутренних

напряжений, снижению прочности и образованию трещин [1]. Уровень влажности необходимо учитывать при определении сроков проведения окраски фасадов, как в новом строительстве, так и при капитальном ремонте зданий и сооружений, когда производится замена кровли, штукатурки и восстановлении утрат каменной кладки.

Как следствие, одним из основных требований к ЛКП является достаточная проницаемость для паров воды. Вместе с тем, фасадное ЛКП должно предотвращать попадание капельной влаги внутрь при атмосферных осадках, то есть обладать гидрофобными свойствами [2]. Фотохимическое старение ЛКП, проявляющееся в изменении его цвета и мелении, вызывает солнечное излучение. Нагрев фасада здания за счёт солнечного излучения интенсифицирует испарение воды из конструкции, значительно увеличивая нагрузку на ЛКП.

Таким образом, целью применения фасадных красок является декоративная отделка здания и защита его наружной поверхности от атмосферных воздействий. Воздействие ультрафиолетового излучения на ЛКП сказывается на потере массы (меление), снижении блеска, повышении хрупкости, но первыми признаками снижения атмосферостойкости являются снижение первоначальных цветовых характеристик, в том числе изменение внешнего вида и цвета ЛКП [3].

В настоящее время при разработке рецептур высококачественных фасадных красок применяют наиболее светостойкие, в основном природные и синтетические неорганические пигменты. Пыль, грязь, жировые загрязнения, кислотные дожди разрушают минеральную подложку и создают условия для развития микроорганизмов в трещинах и на поверхности фасадов, что приводит к биоповреждению конструкции. Качественная фасадная краска должна содержать сбалансированный комплекс биоцидов, обеспечивающий длительную стойкость ЛКП. Использование современных плёнкообразующих веществ препятствует размягчению покрытия при повышении температуры, снижая, таким образом, удержание загрязнений на поверхности фасадов. Немаловажно, чтобы фасадная краска образовывала ЛКП с достаточной твёрдостью и стойкостью к истиранию, так как эти показатели указывают на способность покрытия противостоять ветровой эрозии.

Традиционные водно-дисперсионные краски для наружных работ отличаются друг от друга содержанием плёнкообразователя и объёмной концентрацией пигмента (ОКП). Композиции с низким ОКП и высоким содержанием плёнкообразователя обладают хорошей водостойкостью, но низкой паропроницаемостью, так как сформированное покрытие является недостаточно пористым. Составы с высоким ОКП и низким содержанием плёнкообразователя имеют достаточную паропроницаемость, но водопоглощение ЛКП на их основе слишком высокое [4].

Авторами была разработана и оптимизирована рецептура водно-дисперсионной фасадной краски на основе комбинированного плёнкообразователя: 50%-ной стиролакриловой дисперсии анионного типа, полученной методом эмульсионной сополимеризации стирола и метилметакрилата, и силиконовой эмульсии [5, 6, 7]. В качестве наполнителей были выбраны природный карбонат кальция (мраморный порошок) различного фракционного состава и микротальк для повышения укрывистости ЛКП, в качестве пигмента — диоксид титана рутильной формы, полученный хлоридным методом. Диоксид титана этой марки отличается повышенной белизной благодаря поверхностной обработке оксидами алюминия, кремния и соединениями циркония, а также высокой устойчивостью к фотоокислительной деструкции. Рецептура содержит комплекс функциональных добавок: диспергатор, агент реологии, коалесцент, тарный консервант, альгицид, обеспечивающий биозащиту ЛКП, пеногаситель и деаэратор (для удаления пены в

массе краски). рН композиции регулировали аммиаком водным техническим 25%-ной концентрации [7]. Для получения покрытия с эффектом скатывания капель (эффект «лотоса») в композицию включена гидрофобизирующая добавка. ОКП разработанного состава равно 75%. Оптимизированная рецептура водно-дисперсионной экологичной фасадной краски приведена в таблице 1.

Испытания водно-дисперсионной экологичной фасадной краски и отверждённого ЛКП проводили по известным методикам [8].

Таблица 1 – Оптимизированная рецептура водно-дисперсионной экологичной фасадной краски

| Наименование компонента | Содержание компонента, масс. % |
|--|--------------------------------|
| Стиролакриловая дисперсия | 12,0 |
| Силиконовая эмульсия | 7,0 |
| Полифосфат натрия (умягчитель воды) | 0,2 |
| Гидроксиметилцеллюлоза (агент реологии) | 0,3 |
| Регулятор рН (аммиак водный технический) | 0,05 |
| Коалесцент (бутилдигликоляцетат) | 0,7 |
| Гидрофобизатор | 1,30 |
| Диспергатор | 0,4 |
| Пеногаситель на основе силикона | 0,2 |
| Деаэратор | 0,3 |
| Тарный консервант | 0,2 |
| Альгицид (биозащита плёнки) | 0,2 |
| Полиуретановый загуститель | 0,15 |
| Диоксид титана | 12,0 |
| Микротальк (Ø ср.= 2 мкм) | 6,0 |
| Микромраморный порошок (Ø ср.=5 мкм) | 20,0 |
| Микромраморный порошок (Ø ср.=1,8-1,5 мкм) | 16,0 |
| Вода | 23,0 |

Степень перетира фасадной краски определяли по гриндометру (прибору «Клин»). Твёрдость плёнки ЛКП испытывали прибором У-1, адгезию к бетонному основанию — методом отрыва [8].

Дополнительно исследовали водопоглощение ЛКП на инертных стеклянных подложках. Водопоглощение (W) в процентах рассчитывали по формуле:

$$W = (m_2 - m_1) \cdot 100 / (m_1 - m_0),$$

где m_0 – масса чистой пластинки, г;

m_1 – масса пластинки с ЛКП до испытания, г;

m_2 – масса пластинки с ЛКП после испытания, г.

Паропроницаемость ЛКП оценивали методом, основанным на определении количества водяных паров, прошедших в течении суток через 1 см² поверхности свободной плёнки при температуре (20±2)°С.

Результаты лабораторных испытаний ЛКП приведены в таблице 2.

Ускоренные климатические испытания проводили в РУП БелНИИС (г. Минск) по стандартному методу [8], имитирующему воздействие на ЛКП совокупности климатических факторов умеренного климата (переменное циклическое действие УФ-излучения, орошение водой, замораживание-оттаивание).

Исследуемые покрытия наносили на цементно-песчаные подложки в два слоя, предварительно загрунтовав поверхность акриловой дисперсией, разбавленной питьевой водой в соотношении 1:7. Толщина высохшего ЛКП составляла 70-80 мкм.

Перед проведением исследований образцы с ЛКП выдерживали в течение 72 ч в стандартных условиях [6, 7].

Лабораторные исследования показали, что разработанная водно-дисперсионная экологичная фасадная краска на основе комбинированного плёнообразователя имеет высокую паропроницаемость и низкое водопоглощение, что свидетельствует о формировании «дышащего» ЛКП с высокой гидрофобностью. Сочетание таких характеристик и обуславливает высокую атмосферостойкость покрытия – более 100 циклов, что составляет 10 условных лет эксплуатации в умеренном климате, причём адгезия ЛКП к подложке после проведения испытаний составляет около 90% от начальной ($A_{100} = 0,9 \cdot A_0$).

Высокую укрывистость фасадной краски обеспечивает сочетание наполнителей (молотый микромрамор и микротальк) и пигмента с различной формой частиц. Благодаря комбинированному плёнообразователю, включенному в состав рецептуры фасадной краски, достигается высокая светостойкость ЛКП, которая является важнейшим показателем, характеризующим устойчивость ЛКП к атмосферным воздействиям (воздействию ультрафиолетового излучения, атмосферного кислорода, влажности, кислотных дождей, колебаний температуры) [7].

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний ЛКП

| № | Наименование показателя | Фактическое значение показателя |
|----|--|---|
| 1 | Внешний вид плёнки | Ровная и однородная матовая поверхность |
| 2 | Массовая доля нелетучих веществ, % | 62,1 |
| 3 | Укрывистость высушенной плёнки, г/м ² | 170 |
| 4 | pH | 9,0 |
| 5 | Время высыхания до степени 3 при температуре (20±2)°C, мин | не более 40 |
| 6 | Степень перетира, мкм | 40 |
| 7 | Стойкость покрытия к статическому воздействию воды, ч | более 72 |
| 8 | Условная светостойкость (изменение коэффициента диффузного отражения) после 168 ч облучения, % | 1,1 (норма – не более 5) |
| 9 | Смываемость плёнки (устойчивость к мокрому истиранию), г/м ² | 0,96 |
| 10 | Морозостойкость покрытия, циклы | более 50 |
| 11 | Адгезия покрытия к основанию (бетон), МПа | 2,4 |
| 12 | Стойкость покрытия к воздействию климатических факторов (атмосферостойкость), циклы | более 100 |
| 13 | Твердость пленки пленки по прибору У-1, усл.ед | 0,21 |
| 14 | Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па | 0,01 (норма - не менее 0,005) |
| 15 | Водопоглощение через 24 ч, % | 0,25 |

Таким образом, в результате разработки рецептур и лабораторных исследований разработана энергосберегающая (обеспечивающая оптимальные условия эксплуатации), экологически полноценная рецептура ЛКМ, не содержащая органических растворителей, сиккативов, токсичных компонентов.

Список использованных источников:

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.

2. Охрименко, И.С. Химия и технология плёнообразующих веществ / И.С. Охрименко, В.В. Верхоланцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1981. – 352 с.
4. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
5. Тур, А.В. Исследование возможности использования акрилового и силиконового плёнообразователей для разработки рецептур водно-дисперсионных экологичных фасадных красок / А. В. Тур // Сб. конкурсных научн. работ студентов и магистрантов в 2-х ч. / БрГТУ; под ред. В.С. Рубанова [и др.], – Брест, 2016. – Ч.1. – С. 208-212.
6. Тур, А.В. Использование акрилового и силиконового плёнообразователей для разработки рецептур водно-дисперсионных экологичных фасадных красок / А. В. Тур // Химико-экологические аспекты научно-исследовательской работы : материалы IV Междунар. научно-практ. конф. студентов и магистрантов, Горки, 17-19 мая 2016 г. / редкол.: П. А. Саскевич (гл. ред.) [и др.], - Горки, 2016. – С. 68-73.
7. Тур, Э.А. Исследование возможности использования комбинированного плёнообразователя для разработки рецептур водно-дисперсионных экологичных фасадных красок // Э.А. Тур, А.В. Тур // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник научных статей Международной научно-практической конференции; Брест, 6–8 апреля 2016 г.: в 2-х частях. / БрГТУ; редкол.: А.А. Волчек [и др.] – Брест: БрГТУ, 2016. – Ч. I. – С. 309-313.
8. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.

Шляхова Е.И., Левчук Н.В.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ КАК МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНОВ

Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства, кафедра инженерной экологии и химии

Установлено, что добавки, находящиеся в коллоидном состоянии, являются наиболее эффективными, относительно грубодисперсных твердых добавок, так как с момента затворения сухой бетонной смеси водой, вступают в химические реакции с минеральным вяжущим. Введение таких добавок, способствует уже на ранних этапах формирования структуры бетонов, в результате ускорения процессов твердения, получению бетонов с повышенной прочностью и устойчивостью к воздействию агрессивной среды. Так, связывание свободного гидроксида кальция коллоидным раствором гидроксида алюминия, на стадии затворения бетонной смеси приводит к ускоренному образованию силикатов и алюминатов кальция. Что, в свою очередь, способствует увеличению механической прочности и химической стойкости бетона, а также позволяет значительно упростить технологию производства бетона с добавками.

Нами предлагается использовать коллоидный раствор гидроксида алюминия, вводимый с водой затворения, который образуется либо как отход электрокоагуляционного способа очистки природной воды, или специально приготовленный раствор, полученный путем электролиза воды в электролизере с алюминиевыми электродами, непосредственно перед введением в бетонную смесь на БСУ. В работе были исследованы основные физико-химические свойства гидроксида алюминия и коллоидного раствора $Al(OH)_3$, полученного электролизом воды. Основное внимание в исследованиях было уделено влиянию предлагаемого модификатора на процессы, происходящие при формировании структуры и физико-химические, механические свойства цементного камня, цементно-песчаного раствора и бетона [1]. Известно, что алюминий имеет только один оксид Al_2O_3 . Однако существует несколько полиморфных модификаций его и гидратов, природа которых зависит от условий получения. Существует две безводные оксидные формы – α Al_2O_3 и γ Al_2O_3 . α – форма – твердое вещество, не способное к гидратации, а γ – форма легко поглощает воду и растворяется в кислотах, образуется при обезвоживании водного оксида при $T=450^\circ C$. Истинный гидроксид алюминия получается в виде кристаллического осадка при пропускании CO_2 в щелочные растворы солей алюминия [2]. Протекание реакции образования гидроксида алюминия из солей идет вследствие процессов гидролиза в водных растворах солей алюминия.

Предлагаемая добавка, в виде коллоидального раствора гидроксида алюминия, как водный раствор затворения бетона, отличается от другой формы гидроксида алюминия, получаемого любым другим способом тем, что он находится в высокоактивной форме в виде структурной частицы коллоидного раствора — мицеллы, способной к коагуляции в силикатных растворах. Следовательно, такой коллоидный раствор при определенных условиях может переходить в гель, а затем выпадать в осадок $Al(OH)_3$, который и является отходом электрокоагуляционной очистки природных вод.

Метод электрообработки воды заключается в пропускании ее через электролизер с растворимыми алюминиевыми электродами и электрохимическими процессами, проходящими на электродах. Электрохимическое растворение металла включает две основные группы процессов: растворение за счет внешнего тока (анодное растворение металлов) и химическое растворение в результате взаимодействия с окружающей средой. Процессу химического растворения алюминия способствует наличие в воде ионов – депассиваторов, а также повышение скорости движения жидкости по отношению к поверхности металла и наложение постоянного электрического тока. Пропуская постоянный ток с силой 2 А в течение 5-10 мин через электролизер, получается коллоидный раствор с концентрацией 0,006-0,012 г-экв/л. Концентрация раствора коллоидного гидроксида алюминия определялась методом титрования стандартным раствором соляной кислоты в присутствии метилоранжа. Рабочий раствор представляет собой коллоидный раствор в начальной стадии коагуляции, когда наблюдается легкое помутнение (опалесценция) раствора. При увеличении силы тока и времени протекания электролиза воды происходит полная коагуляция коллоидного раствора и выпадение аморфного осадка $Al(OH)_3$.

В лабораторных исследованиях модификатор вводился в цементные и бетонные смеси с водой затворения. Коллоидный гидроксид алюминия можно получить иными способами, без применения электричества. Так различают две группы методов получения коллоидных систем: диспергационные и конденсационные. Электрохимический метод получения коллоидного раствора является одновременно и диспергационным и конденсационным. К диспергационным методам относится

пептизация. Это метод получения коллоидного раствора путем растворения свежееобразованного осадка, с помощью специального вещества — пептизатора. К конденсационным методам относится физическая и химическая конденсация. Физическая конденсация сводится к методу замены растворителя, основанного на способности вещества хорошо или плохо растворяться в том или ином растворителе. При вливании одного раствора в другой образуются золи вещества.

Химическая конденсация сводится к реакциям, в результате которых получаются труднорастворимые соединения. Это реакции гидролиза, ионного обмена, ОВР и др. В результате эксперимента коллоидный гидроксид алюминия был получен методом химической конденсации: в пробирку вносили раствор хлорида алюминия ($AlCl_3$), затем постепенно по каплям приливали раствор гидроксида натрия. Образование коллоидного раствора гидроксида алюминия фиксировали по легкому помутнению раствора, явлению опалесценции.

Этот метод получения коллоидного гидроксида алюминия требует дополнительных затрат на химические реактивы, строгое соблюдение условий и методики получения добавки, так как на устойчивость коллоидной системы оказывают влияние внешние воздействия: повышение и понижение температуры, встряхивание, перемешивание, изменение концентраций исходных веществ, добавление химических реактивов. Кроме того, исходным веществом является хлорид алюминия, а избыточное содержание ионов хлора в портландцементной системе способствует снижению прочностных характеристик бетона, приводит к коррозии арматуры, снижению долговечности и других эксплуатационных характеристик.

Список использованных источников:

1. Левчук Н.В. Технология модифицирования портландцементных систем коллоидальным гидроксидом алюминия: Дис. канд. техн. наук: 29.12.03. – Брест, 2003.
2. Строительное материаловедение: учеб. пособие / под общ. ред. В.А. Невского. – Изд. 3-е, доп. и перераб. Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 588 с.

Прокопья О.Н., Прожижко О.Г., Тромза Т.В.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКУПЕРАЦИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

*Брестский государственный технический университет, кафедра АТПиП,
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой, старший преподаватель, ассистент.*

В связи с тем, что системы рекуперации получают широкое распространение, представляет интерес оценка их эффективности на фоне других методов экономии энергии. Авторами выполнен сравнительный анализ эффективности различных методов на примере жилого здания. Эффективность теплоутилизации в режиме нагрева определяется как часть тепловой энергии, отданной приточному наружному воздуху по сравнению с той, которая могла бы быть передана, если бы этот воздух был нагрет до температуры воздуха, удаляемого из помещения [1]

$$\text{Эн} = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}, \quad (1)$$

где t_{21} – температура приточного воздуха перед теплообменником, °C;
 t_{22} – температура приточного воздуха после теплообменника, °C;
 t_{11} – температура удаляемого воздуха перед теплообменником, °C.

В зависимости от конструктивного исполнения эффективность пластинчатых теплообменников составляет от 40 до 70 %, а роторных – от 60 до 85 %.

Расход тепла Q на нагрев приточного воздуха [2]:

$$Q = 0,24L\rho(t_k - t_n), \frac{\text{ккал}}{\text{ч}} \quad (2)$$

где $c = 1,2$ – удельная теплоемкость воздуха, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$;

L – количество нагреваемого воздуха, $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$;

ρ – плотность (объемная масса) воздуха, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

t_k – конечная температура, до которой нагревается воздух в теплообменнике, °C;

t_n – начальная температура воздуха, поступающего в теплообменник, °C

В соответствии с действующими нормами удельный нормативный расход на 1 м² жилых помещений $L_1=3$ м³/ч, а расход воздуха для кухни $L_k=90$ м³/ч, ванной комнаты и санузла $L_{в/с}=50$ м³/ч.

Определим расход тепла на нагревание приточного воздуха от $t_n = +8^\circ\text{C}$ до $t_k = +20^\circ\text{C}$ для одной квартиры жилого дома. Требуемый расход воздуха:

$$L = L_1 S_{\text{кв}} + L_k + L_{в/с}, \quad (3)$$

где $S_{\text{кв}}$ – площадь жилых комнат квартиры, м².

Приняв $S_{\text{кв}} = 50$ м², получаем $L = 290 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$.

При $t_k = +20^\circ\text{C}$ $\rho = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ и в соответствии с (2) $Q_1 = 1006 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$.

Определим расход тепла на нагрев воздуха при использовании теплообменника с рекуперацией. Согласно (1) при эффективности $\eta = 70\%$ и $t_{11} = +18^\circ\text{C}$ приточный наружный воздух можно нагреть в теплообменнике до температуры $t_{22} = 15^\circ\text{C}$.

Тогда для нагрева воздуха от температуры $+15^\circ\text{C}$ до $+21^\circ\text{C}$ необходимо дополнительно затратить $Q_2 = 419 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$. Следовательно, расход тепла на нагрев

воздуха сократится на величину: $\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 587 \frac{\text{ккал}}{\text{ч}}$, что для 40-квартирного дома

составит $\Delta Q = 2356 \frac{\text{МДж}}{\text{сут}}$.

Суточный расход тепла на горячее водоснабжение [2]:

$$Q = Gc(t_e - t_o), \frac{\text{ккал}}{\text{сут}} \quad (4)$$

где $G = \eta m q \rho$ – расчетный суточный расход горячей воды, $\frac{\text{кг}}{\text{ч}}$;

q – расчетный суточный расход горячей воды, $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$;

ρ – плотность воды, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

n – количество квартир;

m – плотность, проживающих в квартире, чел;

$c = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ – теплоемкость воды;

$t_2 - t_0$ – перепад температур воды в системе, $^\circ\text{C}$.

Определим суточный расход тепла на горячее водоснабжение для 40-квартирного жилого дома при $m = 3,2$ чел.

В сутки наибольшего потребления $q = 0,12 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$, $t_2 = +55^\circ\text{C}$ и $t_0 = +5^\circ\text{C}$, тогда согласно (4) $Q = 678000 \frac{\text{ккал}}{\text{сут}}$. При температуре воды, поступающей в канализацию,

$t_2 = +35^\circ\text{C}$, теряемое количество теплоты согласно (4) $Q = 460800 \frac{\text{ккал}}{\text{сут}}$, а экономия

$Q \approx 1926 \frac{\text{МДж}}{\text{сут}}$. По методике [3] для рассматриваемого случая определено, что

применение регулируемого привода насосов в системе водоснабжения позволяет экономить $\Delta W_3 = 24,8 \text{МДж}$. Таким образом, из приведенных выше расчетов получаем следующее соотношение составляющих экономии для 40-квартирного жилого дома за сутки (в скобках — в процентах к общей):

1) экономия энергии в системах кондиционирования и вентиляции с применением рекуперации составит $\Delta W_1 = 2356 \text{МДж}$ (54,7%);

2) эффективность применения рекуперации в системах водоснабжения и канализации равна $\Delta W_2 = 1926 \text{МДж}$ (44,7%);

3) применение регулируемого привода насосов в системе водоснабжения позволяет экономить $\Delta W_3 = 24,8 \text{МДж}$ (0,6%).

Полученные данные являются приближенными и относятся к конкретному объекту. Кроме того, они не учитывают затраты на внедрение средств экономии. Тем не менее, они наглядно демонстрируют значимость рекуперации энергии в системах вентиляции и водоснабжения. Из этого следует, что при проектировании систем автоматизации жилых и промышленных зданий с учетом критерия минимального энергопотребления необходимо внедрять оборудование для рекуперации энергии в данных системах.

Список использованных источников:

1. Вишневский, Е.П. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.П.Вишневский // С.О.К.: Кондиционирование и вентиляция. – 2004. – №11. – С.28-37.
2. Бондарь, Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.С.Бондарь, А.С.Гордиенко, В.А.Михайлов, Г.В.Нимич; под ред. Е.С.Бондаря. – Киев: ТОВ "Видавничий будинок "Аванпост-Прим". – 2005. – 560 с.
3. Прокопеня, О.Н. Повышение эффективности работы насосных станций на основе применения частотно-регулируемых приводов / О.Н. Прокопеня, А.Г. Олех, О.Г. Прожишко // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 25 марта 2016 г. / Под ред. В.С. Северянина, В.Г. Новосельцева – Брест: УО «БрГТУ», 2016. – С. 24–28.

ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТОВ

Пархомук И.П., Филюк Д.М., Трембицкая А.А.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ ВИДОВ ВЕНТИЛЯЦИИ: ВЫТЕСНЕНИЕМ И ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Сальникова С.Р. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Для нормального функционирования вентиляции необходимо поддерживать определенный воздухообмен в помещении, то есть подавать определенное количество воздуха и одновременно удалять. Выбор способов подачи приточного воздуха зависит от высоты и назначения помещения, высоты и вариантов размещения оборудования, от требований, предъявляемых к равномерности распределения параметров воздуха. При выборе способов подачи воздуха одновременно определяют способ удаления загрязненных потоков воздуха. В помещении воздух распределяется через воздухораспределители.

Существует два основных способа вентиляции в помещении:

- Вентиляция перемешиванием (рис. 1);
- Вентиляция вытеснением (рис. 2).

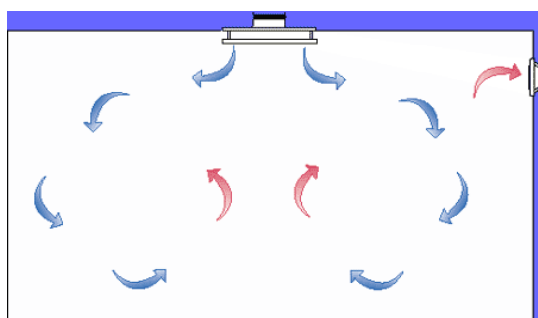


Рисунок 1. Схема вентиляции перемешиванием.

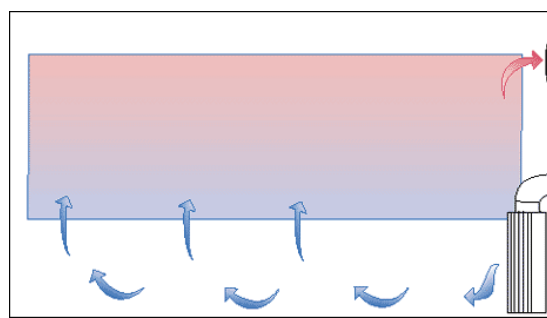


Рисунок 2. Схема вентиляции вытеснением.

Вентиляция **перемешиванием** — способ, при котором свежий приточный воздух подается таким образом, что происходит его перемешивание с воздухом в помещении. Воздухораспределители для вентиляции перемешивания подбираются с высокой степенью эжекции. Эжекция — способность подмешивать в приточную струю внутренний воздух. Она возможна только при достаточно высокой скорости потока на выходе из воздухораспределителя.

Вентиляция **вытеснением** основана на вытеснении загрязненного или отработанного воздуха свежим приточным. При этом способе вентиляции чистый воздух подают в нижнюю часть помещения через специальные низкоскоростные воздухораспределители. Приточный воздух нагреваясь поднимается вверх, вытесняя отработанный воздух. Такой способ часто применяется в помещениях с массовым выделением вредных веществ, и полная замена происходит быстрее, чем при вентиляции перемешиванием. Имеет смысл применять данный метод при кондиционировании высокого помещения (более 3 м), в таком случае достаточно поддерживать заданную температуру только в рабочей зоне, а не во всем объеме, что приведет к экономии энергии.

Для сравнения двух видов вентиляции спроектируем обе системы для одного помещения с помощью программы MagiCAD.

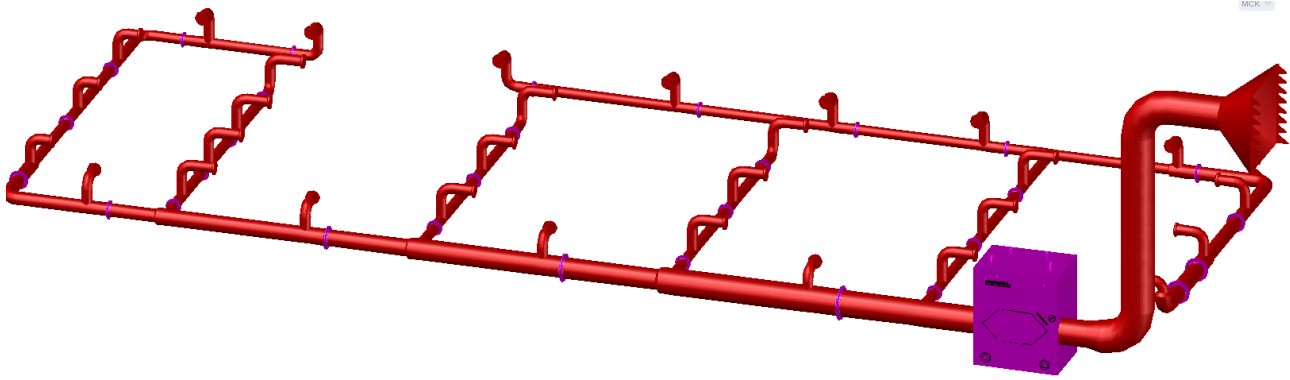


Рисунок 3. Аксонометрическая схема приточной вентиляции вытеснением.

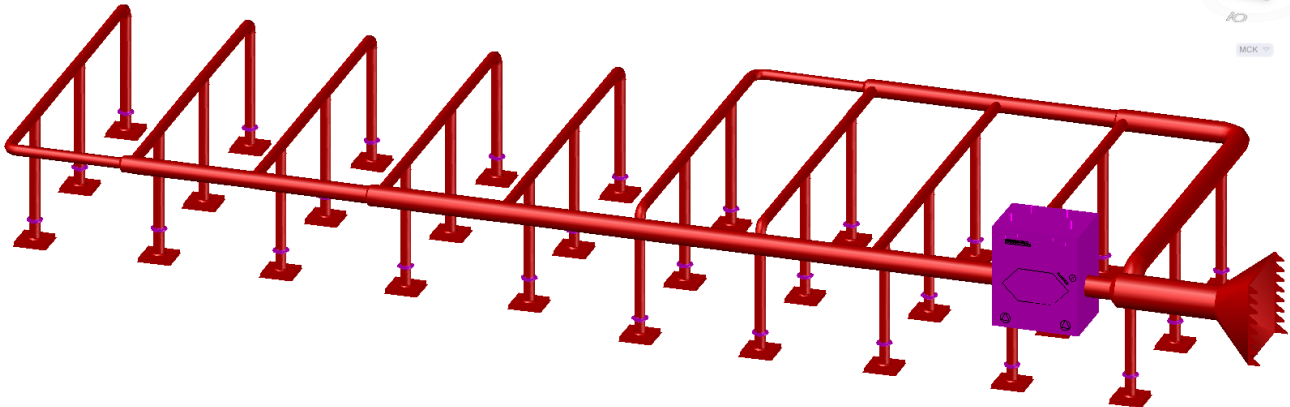


Рисунок 4. Аксонометрическая схема приточной вентиляции перемешиванием.

Принимаем высоту помещения 5 м, количество человек – 40, расход приточного воздуха для всего объема помещения составит 1715 м³/час, а для рабочей зоны определяется по формуле (1).

$$L_{p.z} = \frac{L}{V} \cdot V_{p.z}, \quad (1)$$

где $V_{p.z}$ – объем помещения на высоту рабочей зоны 2 м, м³;

V – объем всего помещения, м³.

По результатам аэродинамического расчета общие потери давления в сети составили: 204,1 Па для вентиляции вытеснением и 72 Па – перемешиванием.

Для вентиляции вытеснением подберем воздухораспределители Swegon DPGa 125-2-1V, вентиляции перемешиванием — Swegon EAGLE Ca 125-400-RO (рис. 5,6).

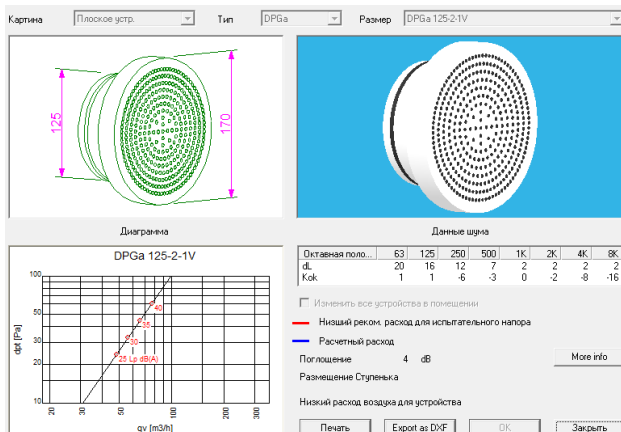


Рисунок 5. Воздухораспределитель марки DPGa 125-2-1V.

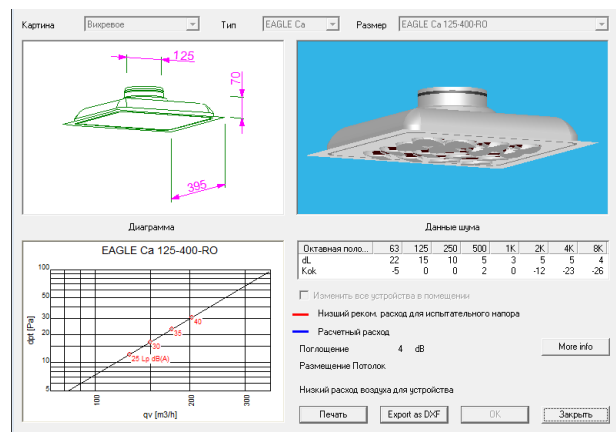


Рисунок 6. Воздухораспределитель марки EAGLE Ca 125-400-RO.

Вентиляторы подбираем по свободному графику и аэродинамическим характеристикам при известных величинах производительности и полного давления.

$$P_B = 1,1(\Delta P_{\text{сети}} + \Delta P_{\text{обор.}}) \quad (2)$$

Производительность вентилятора:

$$L_B = 1,1 - 1,15L_{\text{сети}} \quad (3)$$

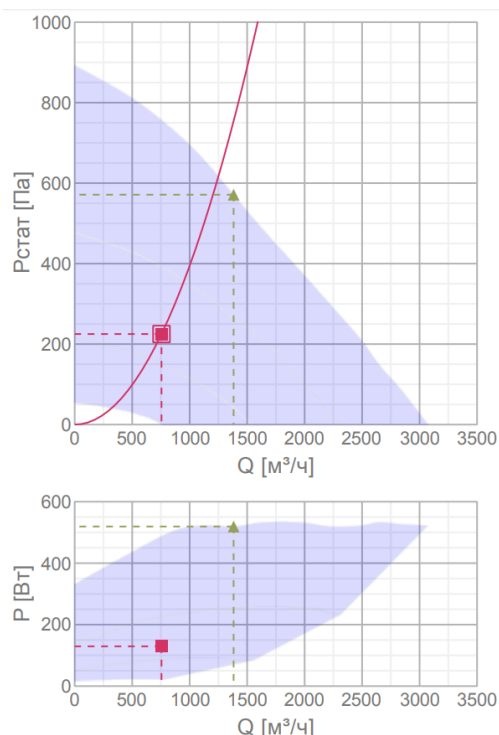


Рисунок 7. Характеристики вентилятора для вентиляции вытеснения

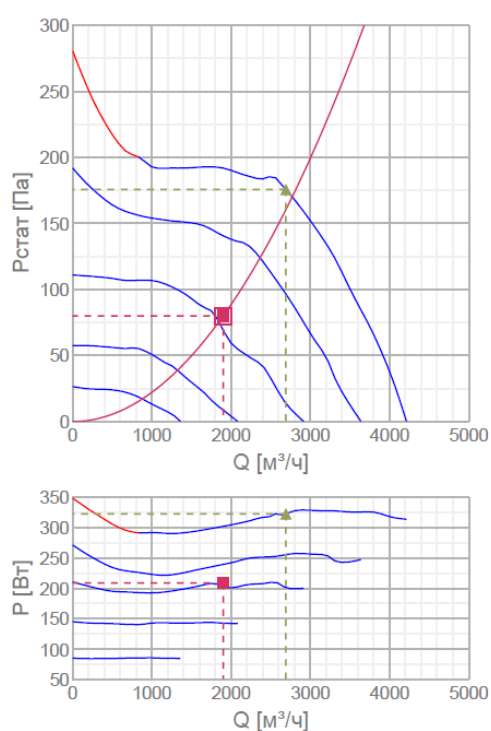


Рисунок 8. Характеристики вентилятора для вентиляции перемешивания

Вентиляторы для двух систем значительно отличаются, это связано со значительной разностью потерь давления в сети воздуховодов (табл. 1).

Таблица 1 – Технические данные канальных вентиляторов.

| Характеристики | KVK SILENT 315 EC | Systemair PRIO 355 |
|------------------|-------------------|--------------------|
| Частота | 50/60 Гц | 50 Гц |
| Входная мощность | 533 Вт | 356 Вт |
| Ток | 232 А | 1,74 А |
| Частота вращения | 2315 1/мин | 1368 1/мин |
| Вес | 13,3 кг | 18,7 кг |
| Цена | 2457 EUR | 1310 EUR |

При вентиляции вытеснением используются низкоскоростные воздухораспределители. Они достаточно большие и дорогие, занимают место в полезном объеме, а также необходимо учитывать, что в помещении перемещаются люди, техника, могут возникать сквозняки, а это приводит к перемешиванию, то есть чистого замещения все равно не достичь. Потери в сети воздуховодов при этом способе вентиляции значительно выше, а расчетный воздухообмен принимается только для рабочей зоны помещения.

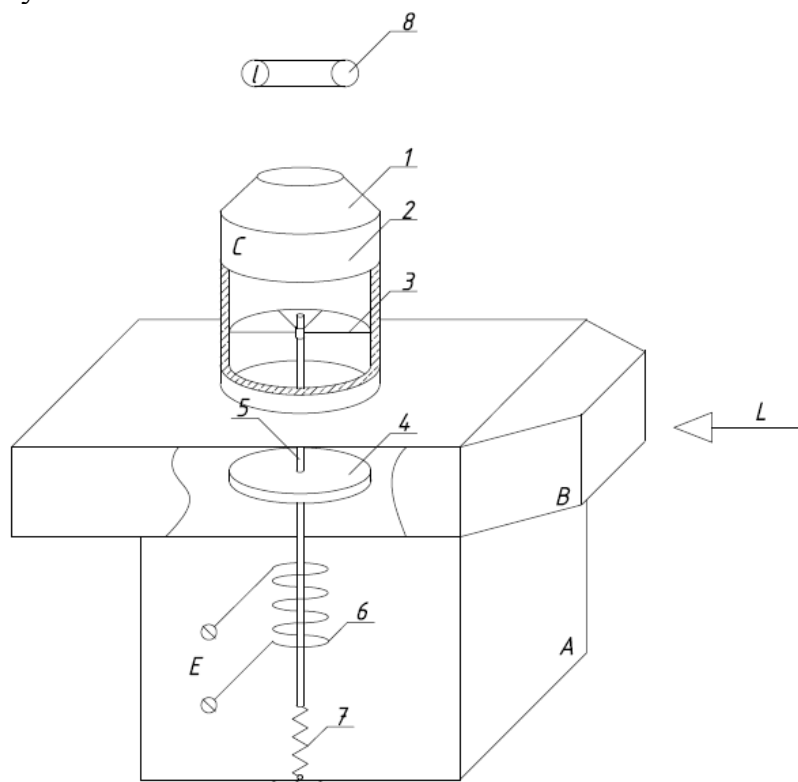
При вентиляции перемешиванием высокую скорость потока на выходе можно добиться при уменьшении площади отверстия в воздухораспределителе, поэтому воздухораспределители небольшие и соответственно недорогие, меньше потери давления в сети воздуховодов. Именно поэтому это самый распространенный тип вентиляции.

Бойко С.В., Киселев А.В., Матлашук Д.В.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСНЫХ ТОРОИДАЛЬНЫХ ВИХРЕЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Северянин В.С., д.т.н, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Генератор импульсных тороидальных вихрей (ГИТВ) — устройство позволяющее решить проблему с дымоудалением из систем ТГУ. Его принцип основан на получении дымных тороидальных вихрей, которые поднимаются высоко вверх, не теряют своей формы и не рассеиваются. Данное устройство позволяет отводить продукты сгорания органического топлива в атмосферу, тем самым снижает концентрацию вредных веществ возле производства. Идея была предложена профессором, д.т.н. Северяниным Виталием Степановичем. Общая схема ГИТВ представлена на рисунке 1.



L – объем удаляемых продуктов сгорания органического топлива; 1 – объем вихря; А – камера механизации; В – газовая камера; С – ГИТВ; 1 – оголовок ГИТВ; 2 – камера; 3 – фиксатор движения хода штока; 4 – поршень; 5 – шток; 6 – катушка соленоида; 7 – гибкая пружинная система; 8 – тороидальный вихрь.

Рисунок 1. Общая схема ГИТВ.

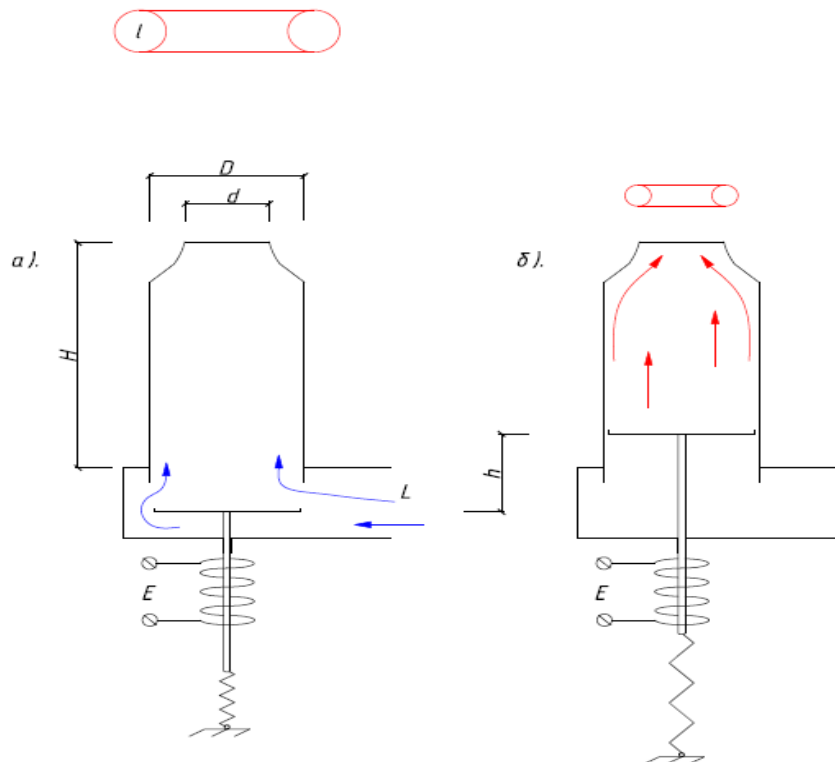
Продукты сгорания из ТГУ поступают в камеру через газоход, в результате чего происходит заполнение камеры дымом (Рис. 2а). При достижении нужной концентрации дымовых газов в камере, поршень 4 начинает совершать поступательное движение, что и придает импульс удаляемому газу (Рис. 2б), который, в свою очередь, при выходе из сопла образует пучок дыма, переходящий в тороидальный вихрь.

Расход удаляемого газа вычисляется по формуле:

$$L = l \cdot \frac{n}{\tau}$$

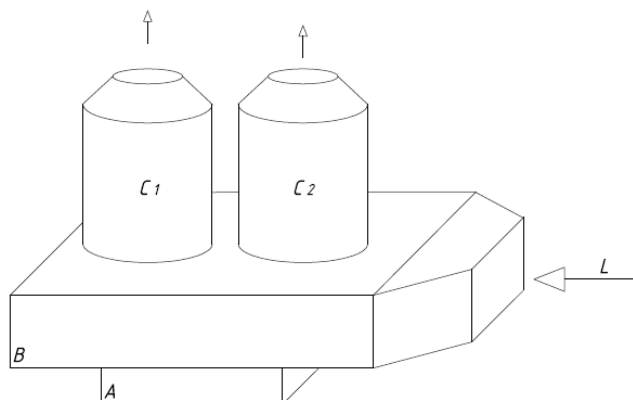
где L – объем удаляемых продуктов сгорания органического топлива;
 l – объем вихря; n – количество образующихся вихрей; τ – время.

При больших объемах выбросов на производстве можно использовать групповые ГИТВ (рис. 3). Предпочтительно использовать спаренные ГИТВ, так как они способны обеспечить равномерное дымоудаление из систем ТГУ.



H – высота камеры; h – ход поршня; D – диаметр камеры; d – диаметр оголовка ГИТВ; E – энергия затрачиваемая на привод поршня.

Рисунок 2. Циклы образования тороидального вихря в ГИТВ.



L – объем удаляемых продуктов сгорания органического топлива; A – камера механизации; B – газовая камера; C_1, C_2 – ГИТВ.

Рисунок 3. Схема компоновки группового ГИТВ.

Генератор импульсных тороидальных вихрей — устройство позволяющее решить проблему с дымоудалением из систем ТГУ и позволяет снизить высоту дымовых труб, вплоть до полного их исключения. Тем самым снижая затраты на их строительство и обслуживание.

Мешик К.О., Иванюк Д.В.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ МИКРОКЛИМАТА СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ ВЕНТИЛЯЦИИ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Обустройство вентиляционных систем в современных зданиях различного назначения является эффективным средством поддержания приемлемых параметров микроклимата помещений. К ключевым параметрам микроклимата относятся:

- температура воздуха внутри рабочего помещения;
- влажность воздуха внутри рабочего помещения;
- подвижность (скорость движения) воздуха внутри рабочего помещения.

Посредством подачи приточного воздуха с особым соотношением его параметров производится корректировка параметров воздушной среды рабочего помещения до необходимых значений. При этом важно располагать сведениями о предполагаемом месте постройки, географическими данными о населённом пункте, нормируемыми параметрами наружного воздуха для тёплого и холодного периодов года [1].

При проектировании спортивного зала в городе Барановичи были приняты параметры наружного воздуха (таблица 1) [2]:

Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха

| Периоды года | Температура наружного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$; | Энтальпия наружного воздуха $I_n, \text{кДж/кг}$ | Скорость ветра $v, \text{м/с}$ |
|--------------|---|--|--------------------------------|
| Теплый | 21,9 | 47,3 | 2,6 |
| Холодный | -22,0 | -21,0 | 3,8 |

Расчётные параметры внутреннего воздуха приведены в Таблице 2 [2, 3].

Таблица 2 – Расчетные параметры внутреннего воздуха

| Периоды года | Температура внутреннего воздуха $t_v, ^\circ\text{C}$; | Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi, \%$ | Подвижность воздуха в помещении $v, \text{м/с}$ |
|--------------|---|---|---|
| Теплый | 24,9 | 60 | 0,5 |
| Холодный | 18,0 | 55 | 0,2 |

Согласно расчёту в спортивном зале был принят следующий воздухообмен, учитывающий ассимиляцию вредностей расчётного помещения: $L = 5683 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом воздухообмен всего здания составил: $L_{\text{зд}} = 8483 \text{ м}^3/\text{ч}$.

С целью обеспечения расчётного воздухообмена в рабочем помещении с поддержанием принятых расчётных параметров была запроектирована система вентиляции (рис. 1), в состав которой входит: приточная установка, система воздухопроводов, диффузоры, вертикальные вентканалы, крышные вентиляторы.

По заданным условиям была принята приточная установка PR 120 (рис. 2). Расчётная стоимость установки составляет 22556 Br. Расчёт стоимости воздухопроводов сведён в таблицу 3 и 4, приточных и вытяжных воздухопроводов — в таблицу 5.

Общие расходы на систему воздухопроводов расчётного помещения составляют (без учёта транспортировки и монтажа):

$$N_{\text{общ}} = 2377 + 841 = 3218 \text{ Br}$$

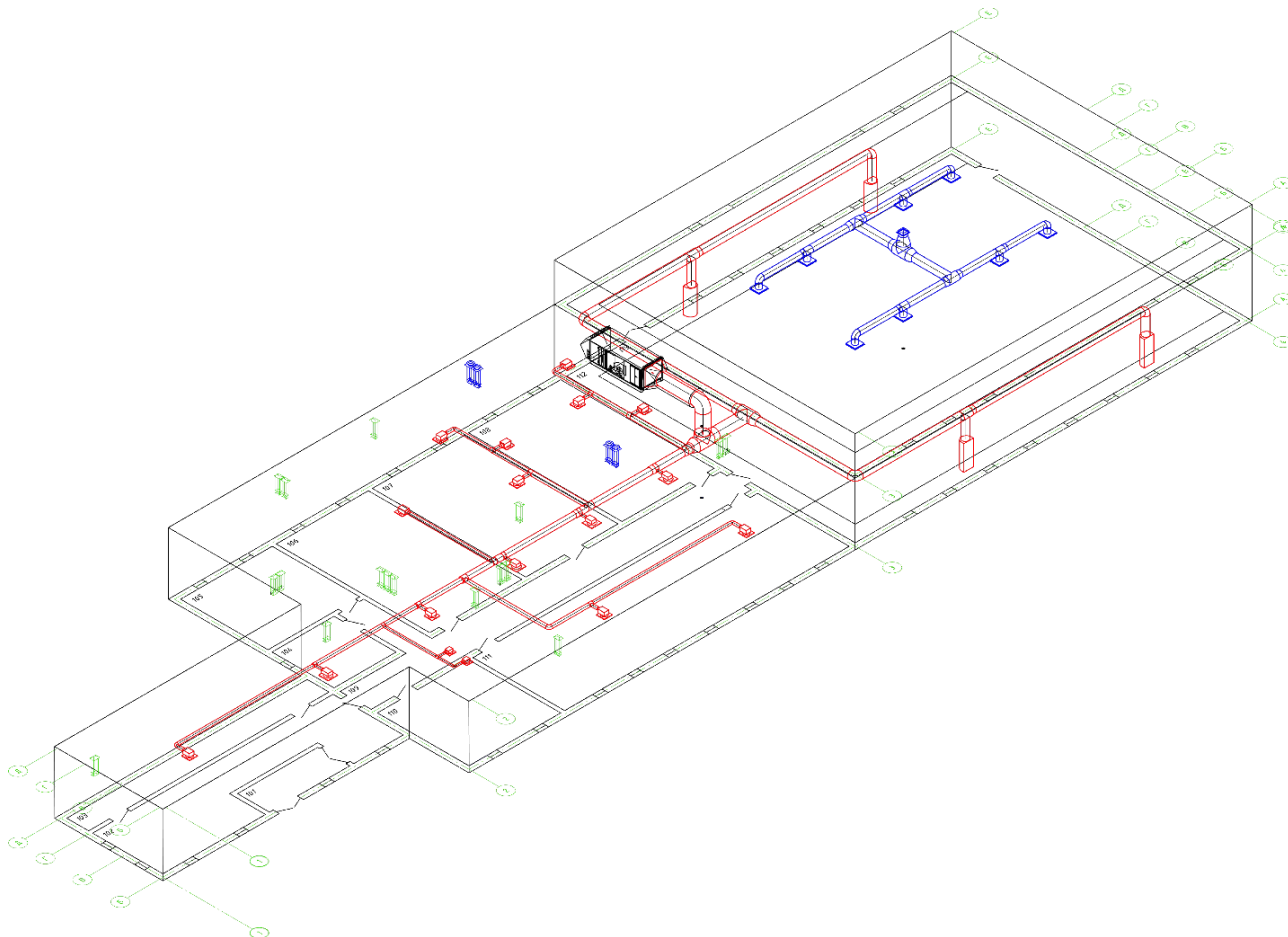


Рисунок 1. 3D план системы вентиляции спорткомплекса.

Таблица 3 – Расчет стоимости воздуховодов для расчётного помещения (приточная система)

| Помещение | Размер сечения, мм | Длина участка, м | Материал | Толщина стали, см | Площадь, м ² | Стоимость, Втг |
|----------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|----------------|
| Спортивный зал | 450 | 40,38 | Оцинкованная сталь | 0,5 | 57,09 | 824 |
| | 630 | 40,22 | | | 79,6 | 1150 |
| | 1000x560 | 2,82 | | | 8,74 | 155 |
| | 1120 | 4,88 | | | 17,17 | 248 |
| Итого | | | | | | 2377 |

Таблица 4 – Расчет стоимости воздуховодов для расчётного помещения (вытяжная система)

| Помещение | Размер сечения, мм | Длина участка, м | Материал | Толщина стали, см | Площадь, м ² | Стоимость, Втг |
|----------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|----------------|
| Спортивный зал | 200 | 14 | Оцинкованная сталь | 0,5 | 8,8 | 128 |
| | 355 | 21 | | | 23,42 | 339 |
| | 500 | 15 | | | 23,56 | 341 |
| | 710 | 1 | | | 2,23 | 33 |
| Итого | | | | | | 841 |

Таблица 5 – Расчет стоимости воздухораспределителей для расчётного помещения

| Помещение | Вид воздухораспределителей | Название модели | Количество | Стоимость, Втг |
|----------------|----------------------------|-----------------|------------|----------------|
| Спортивный зал | Приточные | DHCe 800-3V | 4 | 340 |
| | Вытяжные | EXCa 200-F | 8 | 180 |
| Итого | | | | 520 |

В качестве крышного вытяжного вентилятора был подобран ВКГ 450 ЕС с максимальной производительностью $L = 6700 \text{ м}^3/\text{ч}$. Стоимость данного вентилятора составляет 1387 Br.

В результате общая стоимость вентиляционной системы спортивного зала составила 27681 Br (без учёта транспортировочных, монтажных и наладочных работ).

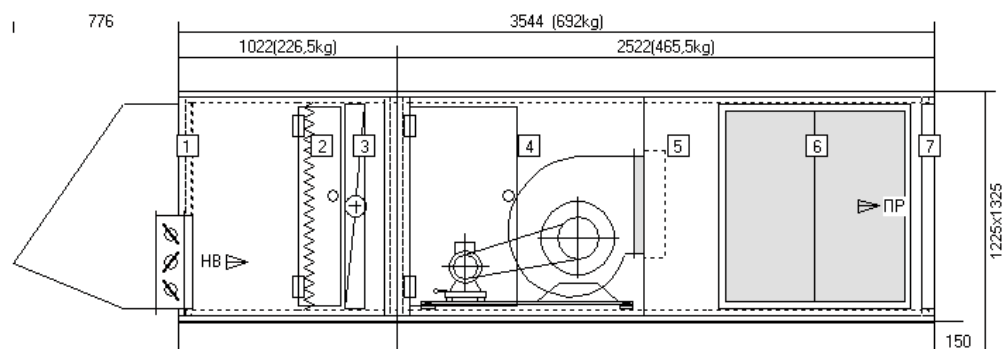


Рисунок 2. Приточная установка PR 120.

Помимо себестоимости, затраты системы включают расход теплоносителя в теплообменнике, электроэнергии, а также дополнительные расходы на монтаж вертикальных вентканалов. При этом отсутствует полезная утилизация теплоты, предусмотренной в системах кондиционирования, что в значительной степени отодвигает сроки окупаемости объекта проектирования.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – 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.

Бойко С.В., Матлашук Д.В.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Сегодня деревообрабатывающая промышленность развивается быстрыми темпами. Особенно это касается производства мебели и изделий для домостроения. До 1990-х годов для улавливания пыли и стружки при аспирации деревообрабатывающих станков использовались в основном различного вида циклоны. В настоящее время все более широкое применение находят пылеуловители (фильтры) с использованием фильтровальных материалов.

Рассмотрим преимущества и недостатки обоих способов очистки воздуха: посредством циклонов и пылеуловителей.

Преимущества использования циклонов:

- Простота в устройстве и эксплуатации.

- Отсутствие движущихся частей.
- Наиболее эффективны при использовании большого объема образующихся отходов.

Недостатки использования циклонов:

- Значительные теплотери, вызванные забором теплоты из помещения аспирационным воздухом.
- Являются частью централизованной вентиляционной системы. Иначе говоря, имеют значительную протяженность воздухопроводов и мощный вентилятор. Что приводит к значительным затратам на обслуживание и монтаж данной системы.
- Имеют трудности при достижении ПДК для древесной пыли, на границе санитарно-защитной зоны.
- Высокий расход электроэнергии вызванный: высоким аэродинамическим сопротивлением аспирационных систем и низким КПД вентилятора.

Преимущества промышленных пылеуловителей:

- Высокая степень очистки, что позволяет достигать требуемые нормы ПДК по выбросам.
- Экономия тепловой энергии путем рециркуляции воздуха в помещении. Для достижения ПДК воздуха рабочей зоны следует устраивать общеобменную приточно-вытяжную вентиляцию.
- Мобильность. Так как пылеуловитель имеет свою регулируемую опору. Занимаемая площадь пола – не более $0,7 \text{ м}^2$.
- Экономия электроэнергии путем использования нескольких пылеуловителей меньшей мощности.
- Стоимость данной системы значительно меньше, из-за использования воздухопроводов меньшего диаметра и вентиляторов меньшей мощности.

Недостатки промышленных фильтров:

- Частая смена сборных мешков при значительном количестве образующихся отходов.

Другие способы очистки воздуха в деревообрабатывающей промышленности:

1. Использование мешков из фильтровальной ткани (рис. 1).

Она делается просто: на выходной патрубке вентилятора, аспирирующего станок, надевается мешок из фильтровальной ткани.

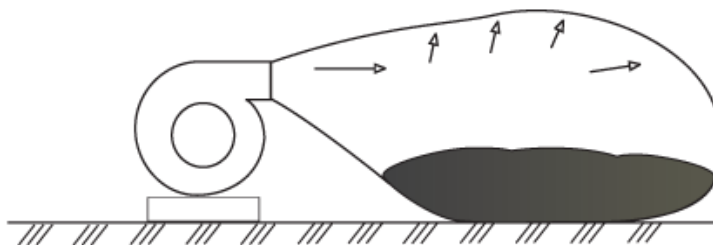


Рисунок 1. Мешок из фильтровальной ткани.

Неудобство заключается в том, что скапливающиеся в мешке отходы снижают площадь фильтрации, что приводит к уменьшению объема аспирируемого воздуха, вплоть до нуля.

2. Пылесос для сбора стружки (рис. 2).

Их конструкция может незначительно различаться, но принцип действия один. Аспирируемая пылевоздушная смесь вентилятором (1) подается тангенциально в

кольцевую часть (2), где с помощью циклонного элемента (3) происходит отделение крупных частиц, которые оседают и скапливаются в нижней части (4) сборного мешка (5). Весь воздушный поток с содержащейся в нем мелкой пылью через центральную часть элемента (3) поступает в верхнюю часть (6), представляющую собой рукав из фильтровальной ткани. Схематично работу пылеуловителя можно представить так: отходы скапливаются в нижнем мешке, а воздух уходит через верхний. Объем нижнего мешка рассчитывается исходя из условия возможности его переноски вручную к месту складирования отходов. Для бесперебойности работы следует иметь сменный сборный мешок. Возможно использование одноразовых полиэтиленовых мешков. Тогда их рекомендуется вкладывать в металлическую емкость такого же диаметра, чтобы исключить давление на стенки, создаваемое вентилятором.

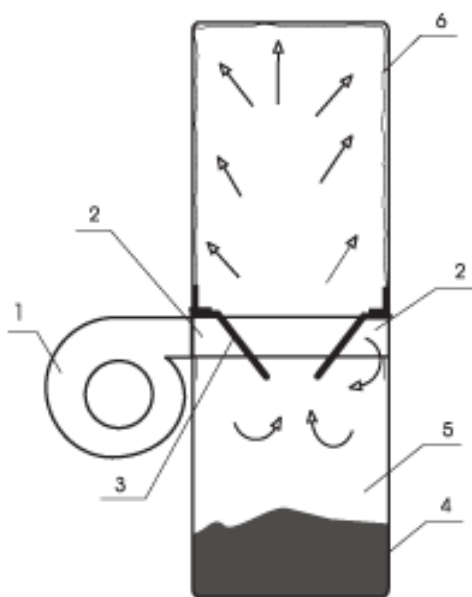


Рисунок 2. Схема пылеуловителя.



Рисунок 3. Конструкция пылеулавливающей системы с двумя рукавами.

Наиболее удачна, на наш взгляд, конструкция пылеулавливающей системы с двумя рукавами (рис. 3). Пылевой вентилятор помещается в средней части корпуса и имеет два выходных патрубка — по одному на каждую стойку, конструкция каждой из которых идентична представленной на рис. 2. Входной патрубок вентилятора может располагаться как снизу, так и сверху, что связано с удобством подключения аспирационных воздуховодов от станков. Количество входных патрубков, а, следовательно, и подсоединяемых воздуховодов к ПУС может быть от одного до трех с варьированием диаметров от 100 до 200 мм. Диаметры зависят от характеристики PV–L используемого вентилятора, а не от диаметров патрубков местных отсосов деревообрабатывающих станков. Так как они рассчитаны на централизованную аспирацию, а местная ПУС при таких диаметрах воздуховодов может не обеспечить требуемого разрежения и расхода воздуха. Также следует отметить, что при выборе пылеуловителя следует обращать внимание на его характеристику PVR–L с подключаемыми шлангами рекомендуемой длины. Так как его мощность существенно зависит от подключаемых к нему воздуховодов.

Список использованных источников:

1. Очистка воздуха на предприятиях деревообрабатывающей промышленности [Электронный ресурс] / НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО ИНЖЕНЕРОВ. Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3078.

Снитко Д.А.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД

Брестский государственный технический университет, студентка факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

При эксплуатации вентиляционных установок, в целях экономии затрачиваемых средств в жилых домах или производственных помещениях необходимо еще на этапах проектирования предусматривать установку энергосберегающего оборудования, называемого приточно-вытяжными вентиляционными системами с применением процессов рекуперации тепловой энергии.

В вентиляции и кондиционировании различают три периода года — теплый, холодный и переходный периоды. Для переходного периода характерны влажность и температура внутреннего воздуха равные 30-45% и 11-13°C.

Рекуператор (от лат. *Recuperator* – получающий обратно, возвращающий) – теплообменник поверхностного типа для утилизации теплоты отходящих газов, в котором теплота горячего теплоносителя непрерывно передается холодному теплоносителю через разделяющую их стенку. В отличие от регенератора, рекуператор — аппарат непрерывного действия, работающий в стационарном тепловом режиме.

Различают рекуператоры:

- По схеме относительного движения теплоносителей:
 - противоточные,
 - перекрестные,
 - прямоточные и др.
- По конструкции
 - трубчатые,
 - пластинчатые,
 - ребристые,
 - оребренные пластинчатые рекуператоры типа ОПТ и др.
- По материалу изготовления
 - металлические,
 - мембранные,
 - пластиковые и др.
- По назначению
 - подогреватели воздуха, газа, жидкостей,
 - испарители,
 - конденсаторы и т.д.

Чаще всего используют пластинчатые, роторные и с промежуточным теплоносителем.

Пластинчатый

Самый распространенный тип рекуператора, из-за своей дешевизны и компактным размерам. 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».



Рисунок 1. Пластинчатый рекуператор в лабораторном стенде.

Роторный

Представляет из себя короткий цилиндр, с продольно размещенными пластинами металла, через который проходит в разных уровнях, приточный и вытяжной воздух. Барабан рекуператора, вращаясь, передает тепло, отданное пластинам вытяжным воздухом, приточному более холодному. Т.е. пластины поочередно нагреваются и охлаждаются. Для наиболее высокого КПД скорость вращения не является постоянной и определяется автоматикой. Применяют в системах с большими расходами воздуха. В силу конструкции происходит переток вытяжного воздуха в приточный от 1,5 до 3%. Такой вид утилизатора является наиболее эффективным.

С промежуточным теплоносителем

Данный вид утилизатора состоит из двух отдельных теплообменников, соединенных между собой трубами. Циркуляцию жидкости осуществляет подобранный насос. Эффективность данного вида рекуператора не самая эффективная, но зато его можно установить в разнесенных друг от друга приточной и вытяжной системе.

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 – 12,82 кВт, по холоду – 2,51 кВт; по нагреву – 59,3%, по холоду – 49,5 %; масса – 95 кг.

Провели опыт, измеряли влажность и температуру воздуха, нагреваемого за счет пластинчатого рекуператора. С помощью полученных данных построили графики зависимости и рассчитали КПД работы рекуператора.

По полученным данным построим графики зависимости КПД от времени, температуры приточного воздуха от времени, температуры удаляемого воздуха от времени, теплоты от времени для каждого измерения.

Таблица 1 – Результаты опыта.

| № | t, мин | tн | tпр | фпр | tвыт | тп | η, % | Q, кВт |
|----|--------|-----|------|------|------|------|--------|--------|
| 1 | 0 | 8,3 | 23,0 | 22,1 | 18,1 | 11,4 | 150,00 | 7,3 |
| 2 | 0,5 | 8,1 | 19,3 | 25,5 | 18,4 | 11,5 | 108,74 | 5,7 |
| 3 | 1,0 | 8,1 | 18,4 | 26,5 | 18,2 | 11,5 | 101,98 | 5,2 |
| 4 | 1,5 | 8,1 | 17,5 | 28,0 | 18,1 | 11,5 | 94,00 | 4,8 |
| 5 | 2,0 | 8,1 | 16,7 | 29,1 | 17,9 | 11,5 | 87,76 | 4,4 |
| 6 | 2,5 | 8,1 | 16,1 | 31,2 | 17,9 | 11,5 | 81,63 | 4,1 |
| 7 | 3,0 | 8,0 | 15,5 | 32,0 | 17,8 | 11,5 | 76,53 | 3,8 |
| 8 | 3,5 | 8,0 | 15,0 | 34,1 | 17,6 | 11,4 | 72,92 | 3,6 |
| 9 | 4,0 | 8,0 | 14,7 | 34,7 | 17,5 | 11,4 | 70,53 | 3,4 |
| 10 | 4,5 | 8,0 | 14,4 | 34,2 | 17,3 | 11,4 | 68,82 | 3,3 |
| 11 | 5,0 | 7,9 | 14,1 | 35,5 | 17,2 | 11,4 | 66,67 | 3,2 |
| 12 | 5,5 | 7,8 | 14,0 | 36,4 | 17,2 | 11,4 | 65,96 | 3,2 |
| 13 | 6,0 | 7,8 | 13,9 | 36,4 | 17,1 | 11,4 | 65,59 | 3,1 |
| 14 | 6,5 | 7,8 | 13,7 | 37,1 | 17,1 | 11,2 | 63,44 | 3,0 |
| 15 | 7,0 | 7,8 | 13,6 | 36,8 | 16,9 | 11,2 | 63,74 | 3,0 |
| 16 | 7,5 | 7,8 | 13,4 | 37,2 | 16,9 | 11,2 | 61,54 | 2,9 |
| 17 | 8,0 | 7,8 | 13,3 | 37,4 | 16,8 | 11,2 | 61,11 | 2,8 |
| 18 | 8,5 | 7,8 | 13,3 | 38,2 | 16,8 | 11,2 | 61,11 | 2,8 |
| 19 | 9,0 | 7,8 | 13,1 | 37,7 | 16,8 | 11,2 | 58,89 | 2,7 |
| 20 | 9,5 | 7,8 | 13,1 | 37,9 | 16,6 | 11,1 | 60,23 | 2,7 |
| 21 | 10,0 | 7,8 | 13,1 | 38,4 | 16,6 | 11,1 | 60,23 | 2,7 |
| 22 | 10,5 | 7,8 | 13,0 | 38,1 | 16,6 | 11,1 | 59,09 | 2,7 |
| 23 | 11,0 | 7,7 | 13,0 | 38,5 | 16,5 | 11,1 | 60,23 | 2,7 |
| 24 | 11,5 | 7,7 | 12,8 | 37,8 | 16,5 | 11,0 | 57,95 | 2,6 |
| 25 | 12,0 | 7,7 | 12,8 | 38,2 | 16,3 | 10,9 | 59,30 | 2,6 |
| 26 | 12,5 | 7,7 | 12,8 | 38,5 | 16,3 | 10,9 | 59,30 | 2,6 |
| 27 | 13,0 | 7,7 | 12,8 | 39,3 | 16,3 | 10,9 | 59,30 | 2,6 |
| 28 | 13,5 | 7,7 | 12,8 | 38,9 | 16,3 | 10,9 | 59,30 | 2,6 |
| 29 | 14,0 | 7,7 | 12,7 | 38,7 | 16,3 | 10,9 | 58,14 | 2,6 |
| 30 | 14,5 | 7,7 | 12,7 | 38,6 | 16,3 | 10,9 | 58,14 | 2,6 |
| 31 | 15,0 | 7,7 | 12,7 | 38,5 | 16,2 | 10,9 | 58,82 | 2,6 |
| 32 | 15,5 | 7,7 | 12,7 | 38,9 | 16,2 | 10,9 | 58,82 | 2,6 |
| 33 | 16,0 | 7,7 | 12,7 | 39,3 | 16,2 | 10,9 | 58,82 | 2,6 |
| 34 | 16,5 | 7,7 | 12,7 | 38,8 | 16,2 | 10,9 | 58,82 | 2,6 |
| 35 | 17,0 | 7,7 | 12,7 | 39,5 | 16,2 | 10,9 | 58,82 | 2,6 |
| 36 | 17,5 | 7,7 | 12,5 | 39,3 | 16,2 | 10,9 | 56,47 | 2,5 |
| 37 | 18,0 | 7,7 | 12,5 | 39,3 | 16,2 | 10,9 | 56,47 | 2,5 |
| 38 | 18,5 | 7,7 | 12,5 | 39,3 | 16,0 | 10,9 | 57,83 | 2,5 |
| 39 | 19,0 | 7,7 | 12,5 | 39,5 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 40 | 19,5 | 7,7 | 12,5 | 39,7 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 41 | 20,0 | 7,7 | 12,5 | 40,1 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 42 | 20,5 | 7,7 | 12,5 | 39,4 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 43 | 21,0 | 7,7 | 12,5 | 40,0 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 44 | 21,5 | 7,7 | 12,5 | 39,9 | 15,9 | 10,8 | 58,54 | 2,5 |
| 45 | 22,0 | 7,7 | 12,5 | 39,1 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 46 | 22,5 | 7,7 | 12,5 | 38,9 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 47 | 23,0 | 7,7 | 12,5 | 39,9 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 48 | 23,5 | 7,7 | 12,5 | 41,1 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 49 | 24,0 | 7,7 | 12,5 | 40,4 | 16,0 | 10,8 | 57,83 | 2,5 |
| 50 | 24,5 | 7,7 | 12,5 | 39,7 | 15,9 | 10,8 | 58,54 | 2,5 |

| Н | В |
|---------|--------|
| t=7,9 | t=15,4 |
| φ=45,5% | |

По графикам видно, что температура приточного воздуха уменьшается, а затем не изменяется. Это происходит из-за того, что в начале опыта кондиционер находился в нерабочем состоянии и все конструкции кондиционера были нагреты внутренним воздухом, поэтому в начале температура приточного воздуха была больше, а затем происходит стабилизация температуры, т.е. рекуператор вышел на номинальный режим.



Рисунок 2. График зависимости КПД от времени.



Рисунок 3. График зависимости температуры приточного воздуха от времени.

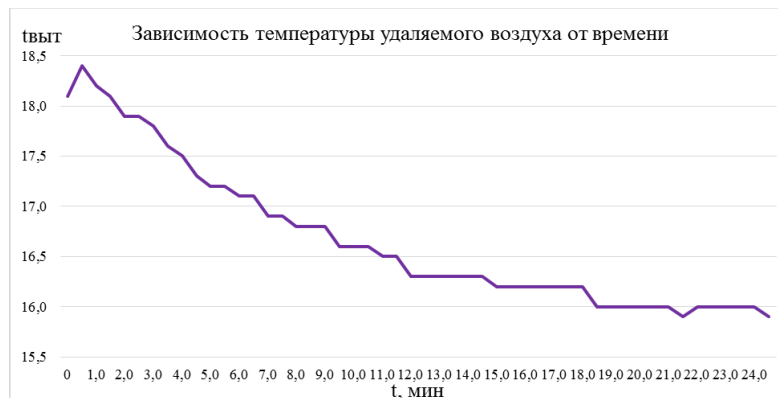


Рисунок 4. График зависимости температуры удаляемого воздуха от времени.



Рисунок 5. График зависимости теплоты от времени.

Также по графикам видно, что КПД в начале достаточно высокий по той же причине, что и температура, а далее КПД становится постоянным.

Вывод: в ходе изучения работы рекуператора центрального промышленного кондиционера в переходный период сравнили опытный КПД и КПД из паспорта и выяснили, что рекуператор работает в оптимальном режиме. Это подтверждает тот факт, что при наружной температуре 7,9°C опытный КПД и из паспорта приблизительно одинаковы и составляют 58%.

Курись А.Г., Кузнец Д.В.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Нововсельцева Д.В., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

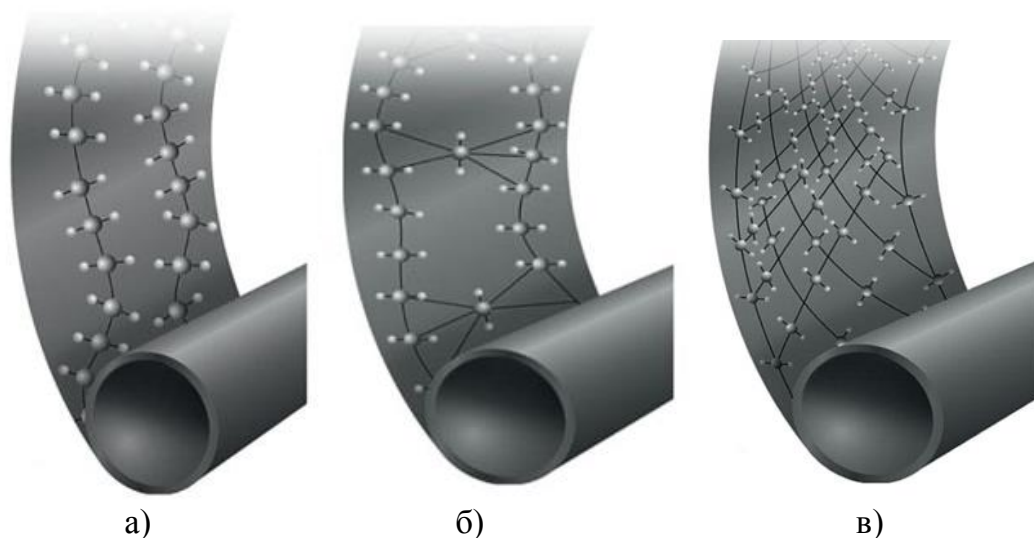
В конце 2010 года концерн Dow Chemical Company представил последние разработки в области материалов для горячего водоснабжения и отопления, позволяющие расширить сферу применения PE-RT type 2 для производства труб, используемых при строительстве высотных зданий. Этот полимер является основой нового класса полиэтиленовых материалов. За счет усовершенствования молекулярной структуры и возможностей управления процессом полимеризации теперь стало возможным получение полиэтиленов с исключительной длительной гидростатической прочностью при высоких температурах.

Полимерные трубопроводы PE и PE-X

Необходимые требования к трубопроводу в системах горячего водоснабжения и отопления предполагают устойчивость к воздействию давления и температуры. Обычный полиэтилен не термостоек и представляет собой совокупность длинных углеводородных молекул, которые никак не связаны друг с другом (рисунок 1а). При нагревании обычного полиэтилена (PE) его двухмерная структура не связанных молекулярных цепочек начинает колебаться, и полиэтилен становится пластичным [1].

Для улучшения механических характеристик трубы из полиэтилена подвергаются сшивке. Сшивка — это образование между цепочками полиэтилена продольно-поперечных связей за счет взаимодействия атомов углерода и водорода соседних молекул. Относительное количество образующихся поперечных связей в единице объема полиэтилена определяется показателем «степени сшивки». Соединяясь между собой, свободно лежащие рядом друг с другом молекулы полиэтилена образуют одну большую трехмерную макромолекулу (рисунок 1б). Получившийся материал, обозначаемый PE-X, устойчив к высоким температурам (до +100°C), абразивным твердым веществам и средам, сохраняет хорошую прочность в течение долгого периода времени, имеет низкий коэффициент трения, не растрескивается под воздействием напряжений и не подвержен медленному или быстрому распространению трещин. Однако в производстве систем трубопроводов главной проблемой является технология соединений. Насколько упомянутые ранее свойства труб PE-X являются целесообразными, настолько отрицательным является невозможность их свариваемости. Межмолекулярная связь способствует утрате термопластичности исходного материала полиэтилена. Это означает, что согласно

общепринятому мнению сшитый полиэтилен (PE-X) не способен образовать сам по себе непрерывное сцепление [2].



а) обычный PE; б) сшитый PE-X;
в) компаунд термостойкого полиэтилена PE-RT.

Рисунок 1. Структура полиэтилена.

Технические особенности трубопровода из PE-RT

Полиэтилен повышенной термостойкости PE-RT — это этилен-октеновый сополимер, обладающий уникальной молекулярной структурой (рисунок 1в) с контролируемым распределением боковых цепей, что позволяет достичь высоких показателей сопротивления гидростатическому напряжению в широком интервале температур эксплуатации (от -50 до $+95^{\circ}\text{C}$).

Основные успехи были достигнуты в понимании взаимосвязи «структура–свойства» полимеров благодаря разработке улучшенной технологии и применению катализаторов, с помощью которых можно контролировать внедрение и размещение сомономера в основной цепочке полимера. Такая более высокая точность определения микрокристалличности полимера позволяет создавать новые комбинации рабочих характеристик. Теперь возможно получение полимеров, сочетающих в себе высокотемпературные рабочие характеристики с гибкостью или лучшей длительной текучестью для той или иной жесткости. Молекулы поперечных цепочек повышают ударпрочность материала и стойкость к растрескиванию под воздействием изгиба. Боковые цепочки обладают растяжимостью и подвижностью, благодаря чему они способны поглощать и рассеивать энергию [1].

PE-RT-трубы отличаются легкостью монтажа, а возможность сварки плавлением и легкий вес труб упрощают работу с ними на местах и транспортировку. Кроме того, отсутствие сшивки позволяет достигать высоких скоростей производства. Это преимущество важно для производства многослойных композитных труб. Данный продукт специально разработан для обеспечения отличной длительной гидростатической прочности при повышенных температурах. Это существенно отличает его от традиционных полиэтиленов средней и высокой плотности для производства напорных труб, которые по существу разработаны для долгосрочного применения, но при температурах 40°C [3].

Заключение. Подводя итог, обозначим преимущества труб из PE-RT. Исключение из технологического процесса стадии сшивания полиэтилена увеличивает производительность линии и позволяет избавиться от понятия «процент сшивки», что гарантирует стопроцентную работу трубопровода при заявленных

характеристиках. Температурный профиль экструзии позволяет перерабатывать сырье PE-RT на стандартном оборудовании, материал прекрасно сваривается с использованием обычных сварочных аппаратов, поэтому все больше производителей труб предпочитают его сшитому полиэтилену.

Список использованных источников:

1. PE-RT – новый класс термостойкого полиэтилена
https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6431
2. <http://www.freepatent.ru/patents/2209137>
3. Инструкция по механизированной стыковой сварке труб СМИТФЛЕКС-П из термостойкого полиэтилена PE-RT.
https://docs.wixstatic.com/ugd/d1a3d1_8d159359d0e54f10aad483929eeeeae99.pdf

Жигало П.Ю., Румак И.В.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ОБЩЕЖИТИЯ №2

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Вентиляция является одной из важнейших систем обеспечения нормальных условий жизнедеятельности человека. Вентиляция обеспечивает обмен воздуха в помещении для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в рабочей или обслуживаемой зоне помещения.

Допустимые параметры микроклимата — сочетание таких параметров как: температура воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха. Которые при длительном воздействии могут вызывать некоторое напряжение системы терморегуляции (дискомфортные ощущения) человека, но при этом не возникает нарушение в состоянии его здоровья.

Виды вентиляции:

- Приточная вентиляция — подает чистый воздух в помещение.
- Вытяжная вентиляция — удаляют загрязненный воздух из помещения.
- Естественная вентиляция — это вентиляционная система, в которой отсутствует принудительная движущая сила (вентилятор или другое механическое устройство). Воздушная тяга возникает за счет перепада давления, а рабочий принцип естественной вентиляции основан на разнице температурных показателей в здании и на улице. Чем значительнее эта разница — тем лучше обеспечивается воздухообмен в помещениях.
- Механическая вентиляция — побуждает движение воздуха с помощью вентиляторов, эжекторов и др.
- Общеобменная вентиляция — предназначена для разбавления избытков теплоты, влаги, вредных веществ до нормативных значений.
- Местная вытяжная вентиляция — предназначена для удаления вредных веществ у мест их выделения через местные отсосы.

Во всём здании общежития была запроектирована и смонтирована естественная вытяжная система вентиляции. Представляет собой одиночные вертикальные каналы для помещений, это видно согласно плану и аксонометрии (рис. 1). Размеры вытяжных вертикальных вентиляционных каналов составляют 140×140 мм, 140×270 мм. В помещениях жилых блоков вентиляция отсутствует. В помещениях кухонь и санузлов вентиляция присутствует (не во всех функционирует). Состояние конструкций вытяжных каналов на крыше удовлетворительное.

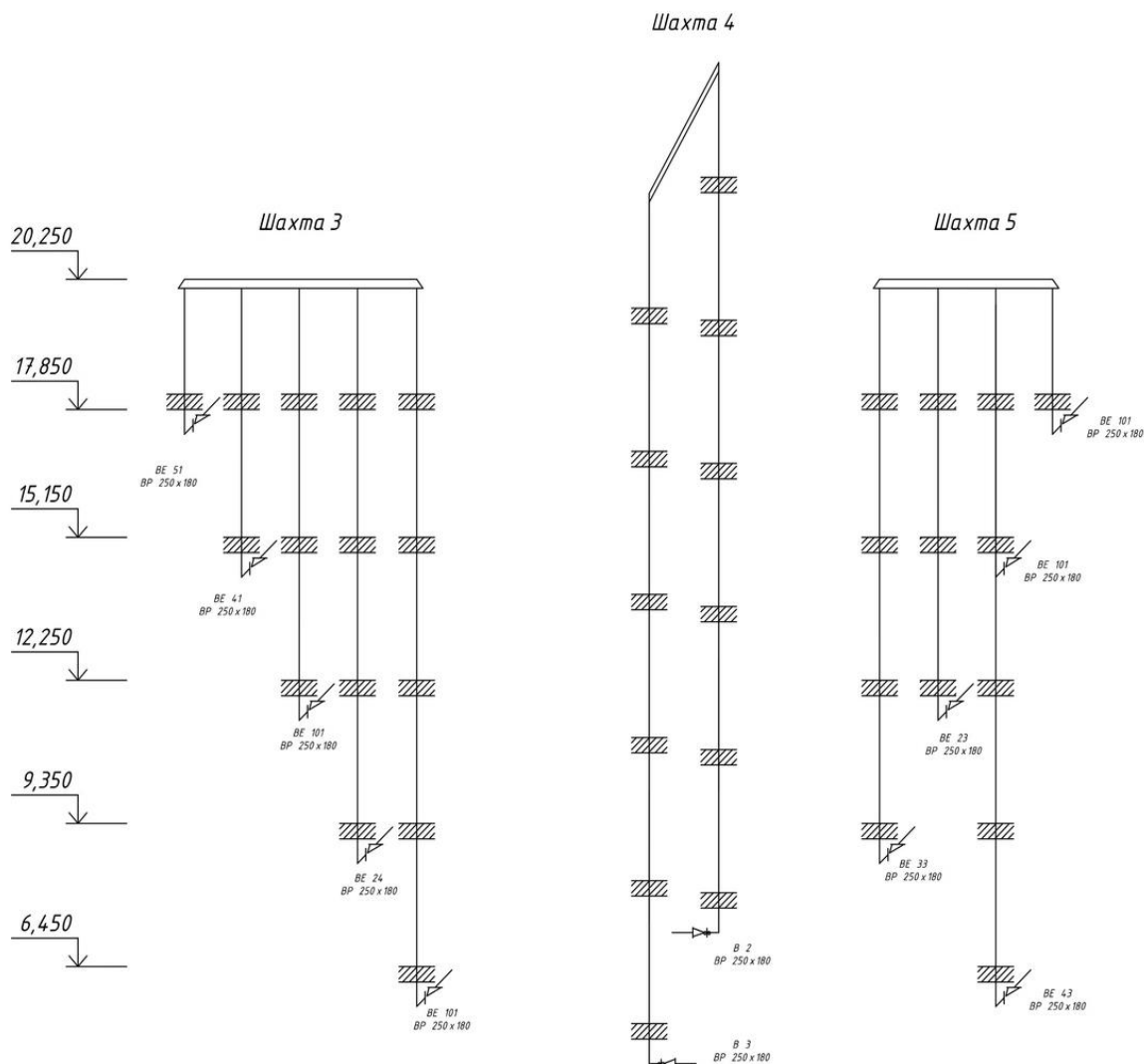


Рисунок 1. Аксонометрическая схема некоторых вентиляционных каналов.

В результате проведенного детального обследования установлено, что система вентиляции находится в удовлетворительном состоянии. Было проверено 83 вентиляционных канала и 11 из них оказались плохо функционирующими (недостаточная скорость движения воздуха). Был выявлен ряд дефектов: загрязненные вентиляционные решетки, нарушение целостности в конструкции кирпичных каналов, наличие посторонних предметов в вытяжных каналах, отсутствие тепловой изоляции кирпичных каналов вентиляции на крыше, уменьшение площади входных отверстий вытяжных каналов. Во время ремонта здания, возможно, были заделаны входы в некоторые каналы, так как не удалось инфицировать их местонахождение.

В таблице 1 можно наблюдать данные снятых измерений. Вентиляционный канал BE24 функционирует только с режимом проветривания, скорость не удовлетворяет рекомендуемым значениям. Скорость в вентиляционных каналах

BE23, BE51 является выше рекомендуемых значений. Скорость в вентиляционных каналах BE33, BE43, BE41 удовлетворяет рекомендуемым значениям.

Таблица 1. Результаты инструментального обследования систем вентиляции некоторых помещений

| Наименование помещения | Условное обозначение | Температура, °С | Влажность, % | Скорость в вытяжных каналах (м/с) / воздухообмен (м ³ /ч) | | | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------|--------------|--|-------|---------------|-------|---------------------|-------|
| | | | | Закрытые окна | | Режим аэрации | | Режим проветривания | |
| | | | | v | L | v | L | v | L |
| 237 | BE24 | 21,3 | 35 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 54,4 |
| 235 | BE23 | 20,5 | 39 | 1,2 | 163,3 | 1,2 | 163,3 | 1,4 | 190,5 |
| 335 | BE33 | 20,7 | 37 | 0,6 | 81,6 | 0,7 | 95,3 | 1,5 | 204,1 |
| 435 | BE43 | 21,1 | 38 | 0,7 | 95,3 | 0,9 | 122,5 | 1,3 | 176,9 |
| 437 | BE41 | 20,9 | 39 | 0,7 | 95,3 | 0,7 | 95,3 | 1,4 | 190,5 |
| 537 | BE51 | 20,2 | 38 | 1,1 | 149,7 | 1,1 | 149,7 | 0,8 | 108,9 |

Для эффективного использования естественной вентиляции следует:

- устранить все дефекты;
- своевременно проводить очистку вентиляционных решеток и каналов;
- обеспечить естественный приток наружного воздуха для правильной работы вытяжной естественной системы вентиляции через окна помещений жилых блоков, кухню, коридоров (режим аэрации).

Список использованных источников:

1. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. /Под ред. Проф. Б.М. Хрусталева – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 784 с., 183 ил.
2. Отчет состояния вентиляционных систем в здании общежития №2, расположенного по улице Московской 267Д/2, Брест, БрГТУ, 2019.

Мешик К.О., Бойко С.В.

СРАВНЕНИЕ ДОБЫЧИ ГАЗА ИЗ СЛАНЦЕВЫХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДОБЫЧИ ГАЗА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Сальникова С.Р. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В настоящее время множество стран по всему миру производит разработку газовых месторождений. Так как количество стран-газопотребителей значительно выше стран-газодобытчиков, на данный момент, газ является одним из самых значительных энергоресурсов, определяющих экономическое благосостояние, а его добыча постоянно рационализируется. В результате вопрос наибольшей целесообразности добычи газа из природных или из сланцевых месторождений становится всё более обсуждаемым.

Принципиальные особенности процесса добычи газа из нефтегазовых месторождений сводятся к следующим основополагающим ступеням [1]:

- организация и реализация работ геологоразведочного назначения с целью установления глубины заложения;
- бурение добывающих скважин с целью извлечения газа из недр (при этом добывающие скважины располагаются по всей территории месторождения, чтобы пластовое давление спадало равномерно);
- газ естественным образом (за счёт стремления в зону с наименьшим давлением) поднимается на поверхность;
- в непосредственной близости к некоторому количеству месторождений обустраиваются установки комплексной подготовки газа (иногда газ из скважин напрямую поступает на газоперерабатывающий завод);
- осуществляется транспортировка до потребителя.

Сланцевый газ по структурным параметрам подобен природному газу, добываемому из горючих сланцев. Газовые коллекторы, распределённые в пространственных пределах сланцевого пласта, располагают сгустками газовых отложений. Площадь сланцевых месторождений может простираться до 10 тыс. км², а количественные массивы содержащегося в них газа колеблются в зависимости от объёмных характеристик сланцевого пласта. Процесс добычи сланцевого газа базируется на следующих последовательных ступенях [2]:

- производится бурение вертикальных скважин до глубины, которая существенно превосходит глубину добычи природного газа;
- производится бурение горизонтальных скважин, длина которых составляет 2-3 км (при этом применяется технология сейсмического моделирования 3D GEO, которая основана на проведении геологических исследований, сопровождающихся компьютерной обработкой данных в режиме реального времени);
- процесс горизонтального бурения предполагает подачу воды, песка и химических реагентов в шахту под большим давлением (также может использоваться специальный гель, в состав которого входит вода и растительный полимер из бобовых);
- вся эта масса активизирует процессы разрушения перегородок газовых коллекторов, цементирует трещины, образующиеся в стенках шахты и способствует выводу газа на поверхность (гидроразрыв пласта);
- обустраиваются специализированные терминалы для сжижения газа;
- осуществляется транспортировка до потребителя.

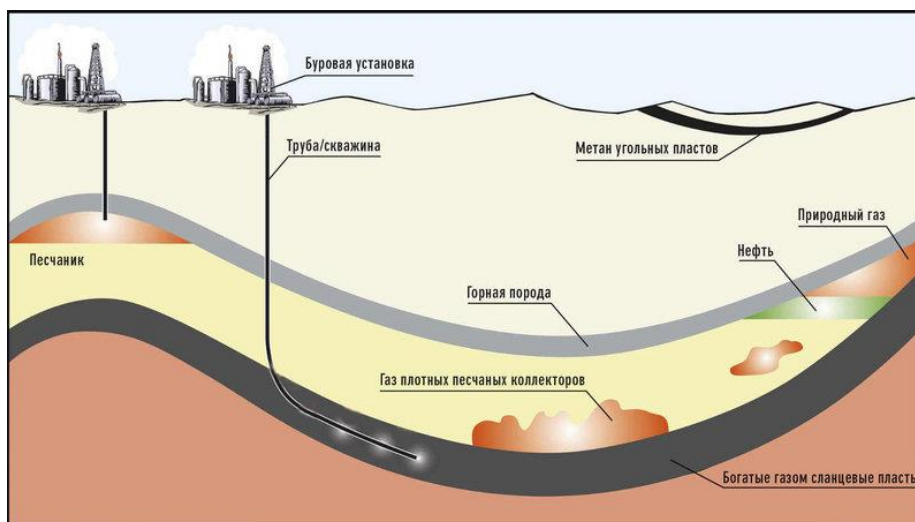


Рисунок 1. Принцип добычи газа из сланцевых и природных месторождений.

Было произведено сравнение особенностей добычи сланцевого и природного газов по различным критериям, что показывает более детальное представление о преимуществах и недостатках каждого (таблица 1).

Рост добычи сланцевого газа в США происходил в ускоренном темпе (более 45% в год, начиная с 2005 г.). В итоге США вышли на первое место в мире по добыче природного газа в 2009 году (593,4 млрд м³, что составляет 20,1% всего добытого в мире газа; 23% при этом пришлось на СГ), опередив Россию (582,3 млрд. м³) и значительно снизить импорт газа [2].

Таблица 1 – Сравнение особенностей добычи сланцевого и природного газа по различным критериям [3]

| Природный газ | Сланцевый газ |
|--|--|
| Состав | |
| По своей структуре является смесью газов (метаны и его гомологи) и неуглеродистых соединений. | Представляет собой один из видов природного газа как результат анаэробных процессов химического характера. |
| Технология добычи | |
| Производится из скважин, которые равномерно распределены в пространственных пределах месторождения. Газ поступает наружу благодаря естественной разнице давлений. | Вертикальное бурение с последующим горизонтальным. Гидроразрыв пласта. Сейсмическое моделирование. |
| Транспортировка (подготовка и стоимость) | |
| В качестве основного вида транспортировки используются трубопроводы, которые в большинстве случаев имеют преимущество на небольших и средних расстояниях. Для достижения экономичных расходов на транспортировку при больших расстояниях применяются газовозы, предназначенные для перевозки газа в сжиженном состоянии. | Транспортировка газа в пределах близлежащих объектов крайне выгодна. Для транспортировки газа на большие расстояния необходимо возвести терминал для его сжижения как в стране-экспортере, так и импортере, что представляет собой большие затраты. |
| Применение | |
| Выступает в качестве эффективного топлива для подготовки воды на нужды отопления, нагрева воды на ГВС, приготовления пищи в жилых домах. Является топливным ресурсом для котельных, ТЭЦ и др. Применяется для получения органических материалов. | Пригоден лишь для удовлетворения нужд населения удаленных районов (где прокладка газопровода на удалённые расстояния является невыгодной). |
| Влияние добычи газа на экологию | |
| Один из наиболее экологичных в сравнении с другими видами органического топлива (выброс углекислоты угля больше на 50 %). Однако, в любом случае, способствует развитию парникового эффекта. | Использование большого количества химикатов при добыче наносит существенный урон нижним слоям почвы. Из-за частого повторения процедуры гидроразрыва пластов приводит к загрязнению грунтовых вод. Оказывает большее влияние на развитие парникового эффекта, чем природный газ, вследствие больших выбросов метанов и углекислой кислоты. |

Согласно общемировой статистике потребления газа на 2017 г. США потребило около 739,6 млрд м³ (что составляет 20,15% от общемирового потребления), а Россия — 424,8 млрд м³ (что составляет 11,57% от общемирового потребления). Согласно общемировой статистике производства газа на 2017 г. США произвело около 734,5 млрд м³, а Россия — 635,6 млрд м³ [4].

Себестоимость газа в России [3]:

- сланцевый газ — 50 \$ за тыс. м³ (временной период эксплуатации скважины – около 10 лет);

- природный газ — 20 \$ за тыс. м³ (временной период эксплуатации скважины — 30-40 лет).

Себестоимость газа в США [2]:

- сланцевый газ — 71,6 \$ за тыс. м³ (временной период эксплуатации скважины — около 10 лет);
- природный газ — 94,16 \$ за тыс. м³ (временной период эксплуатации скважины — 30-40 лет).

Преимуществами сланцевого газа с точки зрения добычи являются [3]:

- отсутствие ограничений применения в густонаселённых районах;
- являются энергетической альтернативой энергоснабжения в районах, где подача природного газа является труднодоступной;
- обеспечение населения рабочими местами в сферах добычи и транспортировки сланцевого газа в благоприятном с точки зрения удалённости от населённого пункта месте.

Однако при осуществлении добычи сланцевого газа проявляются следующие недостатки [3]:

- гидроразрыв пласта предполагает использование большого количества воды (для одного гидроразрыва необходимо подать 7500 тонн), а также песка и химикатов (в диапазоне от 80 до 300 тонн), что требует высоких затрат и является одной из значительных причин загрязнения грунтовых вод;
- существенные выбросы парниковых газов, аммиака и метана, что приводящих к развитию парникового эффекта;
- значительные трансформации ландшафтов и рельефа при многочисленном бурении пластов;
- низкий временной период эксплуатации буровой скважины (8-12 лет), что приводит к увеличению частоты бурения земли;
- ценообразование технологии добычи сланцевого газа делает данный процесс нерентабельным;
- сложности прогностического характера касательно затрат на добычу и коэффициента газоотдачи, вызываемые малочисленностью опыта добычи;
- необходимость в больших пространственных масштабах для добычи данного вида газа, что сказывается на территориях, предназначенных для выращивания агрокультур, лесистых участков и др.

Преимущества при осуществлении добычи природного газа [3]:

- стоимость добычи газа значительно ниже, чем угля и нефти, а также сланцевого газа;
- достаточно точная заведомая оценка затрат на добычу и транспортировку;
- экологически более безвредные, чем большое количество видов топлива (практически полное отсутствие сажи и аэрозолей);
- высокий коэффициент применения и возможность автоматизации процесса горения;
- большой опыт в добыче, что способствует её рационализации;

Недостатки при осуществлении добычи природного газа [3]:

- рентабельность присутствует только при транспортировке на расстояние не более (5-6 тыс. км);
- выбросы метана при сгорании, способствующего развитию парникового эффекта;
- необходимость создания, поддержания и обслуживания широкомасштабной сети трубопроводов и оборудования.

Список использованных источников:

1. Как добывают природный газ [Электронный ресурс] / ПАО «Газпром». Режим доступа: <http://www.gazprominfo.ru/articles/production-of-natural-gas/>. – Дата доступа: 18.03.2019.
2. Ткаченко, И.Ю. Сланцевый газ: анализ развития отрасли и перспектив добычи / И.Ю. Ткаченко, Н.Д. Бриллиантов // Российский внешнеэкономический вестник. – 2012. – № 11. – С. 43–54.
3. Домников Е.А. Перспективы и особенности добычи сланцевого газа / Е.А. Домников [и др.] // Вестник университета. – 2013. – № 19. – С. 138–142.
4. Статистика природного газа: добыча, торговля, потребление. [Электронный ресурс] / Статистический ежегодник мировой энергетики. Режим доступа: <https://yearbook.enerdata.ru/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html>. – Дата доступа: 18.03.2019.

Олесик Е.С.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА В СОСТАВЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА

Брестский государственный технический университет, студентка факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В жилых домах или производственных зданиях, с экономической точки зрения, еще на этапах проектирования предусматривают установку энергосберегающего оборудования, называемого приточно-вытяжными вентиляционными системами с применением процессов рекуперации тепловой энергии.

Рекуператор предназначен для повторного применения теплоты или холода, забираемых от уходящего воздуха систем вентиляции и кондиционирования, от технологических потоков, местных отсосов и т.п. Применение секции утилизации теплоты должно обосновываться технико-экономическими расчетами. Тип секции утилизации теплоты определяется характеристиками потоков и требованиями, предъявляемыми к помещению, в котором необходимо осуществлять кондиционирование воздуха.

В системах кондиционирования воздуха в качестве утилизаторов тепловой энергии применяются пластинчатые рекуперативные теплообменники с перекрестным или противоточным движением теплоносителей, роторные теплообменники регенеративного типа и теплообменники с промежуточным теплоносителем. В отдельных случаях применяются теплообменники-утилизаторы на тепловых трубках. Чаще всего используют пластинчатые, роторные и с промежуточным теплоносителем.

Пластинчатый

Пластинчатый рекуператор — это один из самых распространенных типов рекуператоров воздуха. Принцип его работы заключается в передаче тепла от теплого, вытягиваемого из помещения, воздуха — подаваемому, холодному. Происходит это за счёт пересечения потоков воздуха в специальном пластинчатом

рекуператоре. Пластинчатым он называется из-за схемы разделения потоков воздуха. В пластинчатом рекуператоре потоки воздуха разделяются пластинами из теплопроводящего материала. Самые популярные материалы для пластинчатых рекуператоров — это алюминий, пластик, нержавеющая сталь и бумага.

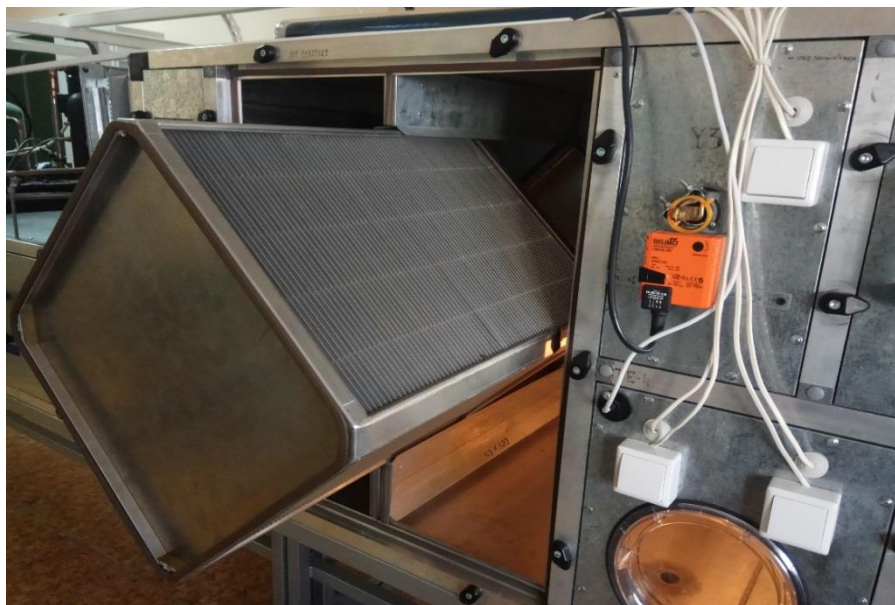


Рисунок 1. Пластинчатый рекуператор в лабораторном стенде.

Роторный

Принцип работы данного рекуператора — роторный теплообменник, вращающийся с определенной скоростью. Этот теплообменник вращаясь нагревается в зоне вытяжного канала, а затем охлаждается в зоне приточного канала. В результате тепло из вытяжного воздуха передается в приточный. Так же возвращается часть влаги в результате конденсации из вытяжного воздуха и испарения в потоке приточного воздуха с улицы. Роторные рекуператоры обладают более высоким КПД, чем пластинчатые, за счет отсутствия режима разморозки. В пластинчатом рекуператоре для разморозки требуется периодически пускать поток холодного воздуха через байпасный (обводной) канал напрямую в помещение мимо рекуператора, а в роторном автоматически регулируется скорость вращения ротора таким образом, чтобы не случилось обмерзания.

С промежуточным теплоносителем

Рекуператор с промежуточным теплоносителем позволяет соединить две отдельные системы — приточную и вытяжную. Оптимально подходит для модернизации уже существующих отдельных систем вентиляции. Универсальность данных рекуператоров позволяет их устанавливать в существующие системы. В приточную систему перед приточной установкой устанавливается нагревательный теплообменник, в который подается нагретый вытяжным воздухом антифриз. Следовательно, в вытяжку также устанавливается теплообменник, который забирает тепло из вытяжного воздуха.

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 – 12,82 кВт, по холоду – 2,51 кВт;
- по нагреву – 59,3%, по холоду – 49,5 %;

Провели опыт, измеряли температуру и влажность воздуха, нагреваемого за счет рекуперации. С помощью полученных экспериментальных данных построили зависимости и рассчитали КПД работы рекуператора.

Таблица 1 – Результаты опыта.

| № | t, мин | tн | tпр | φпр | tвым | tp | η, % | Q, кВт |
|----|--------|-----|------|------|------|------|-------|--------|
| 1 | 0 | 7,4 | 15,2 | 45,5 | 15,1 | 13,7 | 101,3 | 4,0 |
| 2 | 0,5 | 7,4 | 15,6 | 47,7 | 15,5 | 13,9 | 101,2 | 4,2 |
| 3 | 1,0 | 7,4 | 14,4 | 39,5 | 15,8 | 13,2 | 83,3 | 3,6 |
| 4 | 1,5 | 7,4 | 14,0 | 40,3 | 15,8 | 12,6 | 78,6 | 3,4 |
| 5 | 2,0 | 7,4 | 13,6 | 42,3 | 15,8 | 12,1 | 73,8 | 3,2 |
| 6 | 2,5 | 7,4 | 13,3 | 42,4 | 15,8 | 12,0 | 70,2 | 3,0 |
| 7 | 3,0 | 7,4 | 13,2 | 42,7 | 15,8 | 11,7 | 69,0 | 3,0 |
| 8 | 3,5 | 7,4 | 12,9 | 43,1 | 15,7 | 11,5 | 66,3 | 2,8 |
| 9 | 4,0 | 7,4 | 12,8 | 42,6 | 15,7 | 11,3 | 65,1 | 2,8 |
| 10 | 4,5 | 7,4 | 12,8 | 43,6 | 15,7 | 11,1 | 65,1 | 2,8 |
| 11 | 5,0 | 7,4 | 12,7 | 43,7 | 15,6 | 11,0 | 64,6 | 2,7 |
| 12 | 5,5 | 7,4 | 12,5 | 44,7 | 15,7 | 11,0 | 61,4 | 2,6 |
| 13 | 6,0 | 7,4 | 12,5 | 44,9 | 15,7 | 10,9 | 61,4 | 2,6 |
| 14 | 6,5 | 7,4 | 12,3 | 44,7 | 15,5 | 10,9 | 60,5 | 2,5 |
| 15 | 7,0 | 7,4 | 12,3 | 44,1 | 15,5 | 10,7 | 60,5 | 2,5 |
| 16 | 7,5 | 7,4 | 12,3 | 44,8 | 15,5 | 10,7 | 60,5 | 2,5 |
| 17 | 8,0 | 7,4 | 12,2 | 45,0 | 15,5 | 10,6 | 59,3 | 2,5 |
| 18 | 8,5 | 7,4 | 12,2 | 45,5 | 15,5 | 10,6 | 59,3 | 2,5 |
| 19 | 9,0 | 7,4 | 12,2 | 45,3 | 15,5 | 10,6 | 59,3 | 2,5 |
| 20 | 9,5 | 7,4 | 12,2 | 45,4 | 15,5 | 10,6 | 59,3 | 2,5 |
| 21 | 10,0 | 7,4 | 12,1 | 45,4 | 15,5 | 10,6 | 58,0 | 2,4 |
| 22 | 10,5 | 7,4 | 12,1 | 47,2 | 15,5 | 10,4 | 58,0 | 2,4 |
| 23 | 11,0 | 7,4 | 12,1 | 45,6 | 15,4 | 10,6 | 58,8 | 2,4 |
| 24 | 11,5 | 7,4 | 12,1 | 45,6 | 15,4 | 10,6 | 58,8 | 2,4 |
| 25 | 12,0 | 7,4 | 12,1 | 45,1 | 15,4 | 10,4 | 58,8 | 2,4 |
| 26 | 12,5 | 7,4 | 12,1 | 45,3 | 15,4 | 10,4 | 58,8 | 2,4 |
| 27 | 13,0 | 7,4 | 12,1 | 45,0 | 15,4 | 10,4 | 58,8 | 2,4 |
| 28 | 13,5 | 7,6 | 12,1 | 45,1 | 15,4 | 10,4 | 57,7 | 2,3 |
| 29 | 14,0 | 7,6 | 12,1 | 45,1 | 15,4 | 10,4 | 57,7 | 2,3 |
| 30 | 14,5 | 7,6 | 12,0 | 46,9 | 15,2 | 10,4 | 57,9 | 2,3 |
| 31 | 15,0 | 7,6 | 12,0 | 46,8 | 15,2 | 10,4 | 57,9 | 2,3 |
| 32 | 15,5 | 7,6 | 12,0 | 43,7 | 15,2 | 10,2 | 57,9 | 2,3 |
| 33 | 16,0 | 7,6 | 12,0 | 43,3 | 15,2 | 10,2 | 57,9 | 2,3 |
| 34 | 16,5 | 7,6 | 12,0 | 44,1 | 15,2 | 10,2 | 57,9 | 2,3 |
| 35 | 17,0 | 7,6 | 11,8 | 44,4 | 15,2 | 10,2 | 55,3 | 2,2 |
| 36 | 17,5 | 7,4 | 11,8 | 43,8 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 37 | 18,0 | 7,4 | 11,8 | 44,4 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 38 | 18,5 | 7,4 | 11,8 | 44,5 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 39 | 19,0 | 7,4 | 11,8 | 44,9 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 40 | 19,5 | 7,4 | 11,8 | 44,9 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 41 | 20,0 | 7,4 | 11,8 | 45,4 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 42 | 20,5 | 7,4 | 11,8 | 44,4 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 43 | 21,0 | 7,4 | 11,8 | 44,5 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 44 | 21,5 | 7,4 | 11,8 | 45,7 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 45 | 22,0 | 7,4 | 11,8 | 45,5 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 46 | 22,5 | 7,4 | 11,8 | 46,3 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 47 | 23,0 | 7,4 | 11,8 | 47,0 | 15,2 | 10,2 | 56,4 | 2,3 |
| 48 | 23,5 | 7,6 | 11,8 | 45,3 | 15,2 | 10,2 | 55,3 | 2,2 |
| 49 | 24,0 | 7,6 | 12,0 | 44,0 | 15,2 | 10,4 | 57,9 | 2,3 |
| 50 | 24,5 | 7,6 | 12,0 | 45,5 | 15,2 | 10,4 | 57,89 | 2,3 |

| H | B |
|---------|--------|
| t=7,5 | t=15,4 |
| φ=45,5% | |



Рисунок 2. График зависимости КПД от времени.

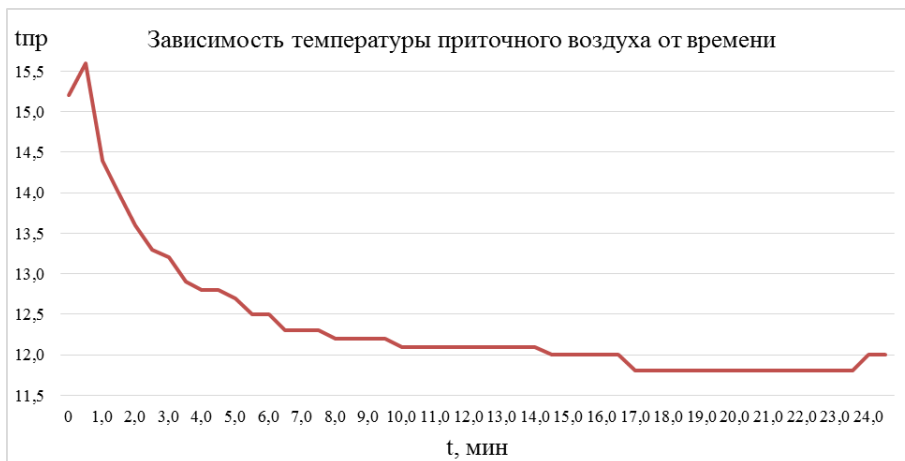


Рисунок 3. График зависимости температуры приточного воздуха от времени.

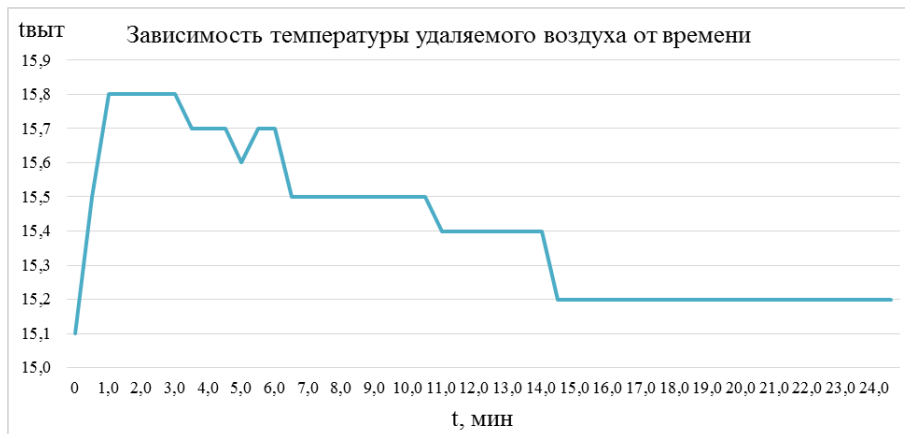


Рисунок 4. График зависимости температуры удаляемого воздуха от времени.

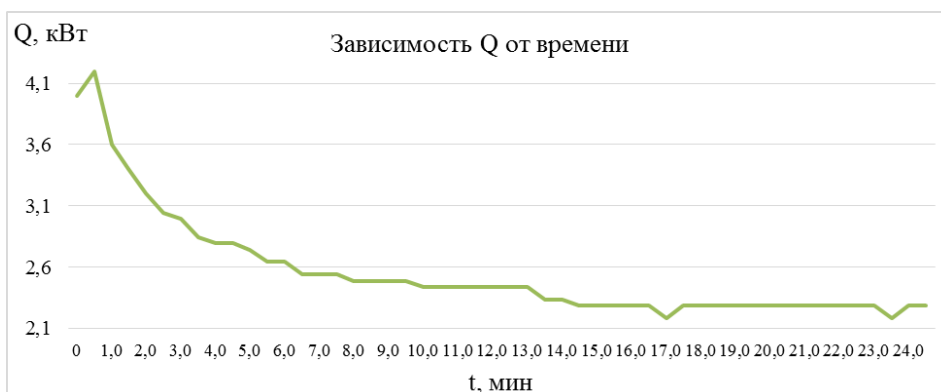


Рисунок 5. График зависимости теплоты от времени.

По полученным данным построим графики зависимости КПД от времени, температуры приточного воздуха от времени, температуры удаляемого воздуха от времени, теплоты от времени для каждого измерения.

По данным графикам видно, что температура приточного воздуха уменьшается, а затем остается постоянной. Это происходит из-за того, что кондиционер находился в нерабочем состоянии до начала проведения опыта и все конструкции кондиционера были нагреты внутренним воздухом, поэтому температура приточного воздуха в начале больше, а затем стабилизируется, т.е. рекуператор начал работать в нормальном режиме.

Также по графикам видно, что КПД в начале достаточно высокий по той же причине, что и температура, а далее КПД становится постоянным.

Вывод: в ходе изучения работы пластинчатого рекуператора в составе центрального промышленного кондиционера сравнили опытный КПД и КПД из паспорта и выяснили, что рекуператор работает в оптимальном режиме. Это подтверждает тот факт, что при наружной температуре 7,5°C опытный КПД и КПД из паспорта приблизительно одинаковы и составляют 56%.

Мешик К.О.

ПОГОДОЗАВИСИМОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Нововсельцев В.Г., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

За последние десятилетия рост энергосберегающих технологий в мире, а также темпы их непосредственного внедрения в различные сферы деятельности человека постоянно расширяются. Прежде всего, это связано с поиском эффективных способов поддержания экономического благосостояния различных стран, которые направлены на рациональное использование энергоресурсов.

В Европе энергопотребление зданий составляет приблизительно 41% первичной энергии, что выше промышленных (около 31%) и транспортных (около 28%) энергозатрат. В данный объем входит [1]:

- 85% энергии, используемой для поддержания оптимальных условий микроклимата помещений (системы отопления, вентиляции и кондиционирования);
- 15% энергии, используемой для электроснабжения помещений (освещение, работа электроприборов и т.д.).

В Беларуси энергопотребление в жилищном секторе в период с 2010 по 2017 год в среднем составило 6443,6 кВт·ч на душу населения, при этом на нужды отопления с учётом климатического фактора в среднем было использовано 154,98 кВт·ч на 1 м² жилой площади, что обуславливает принятие решений по энергосбережению в данном направлении [2].

С развитием автоматизации всё больше параметров системы отопления поддаётся тонкой настройке. График тепловой нагрузки во временном периоде отопительного сезона в значительной степени трансформируется (в 5-6 раз) [5].

Данные трансформации происходят в зависимости от времени суток, а также от климатических условий. В современных системах автоматизации учёт погодных условий производится посредством применения погодозависимой автоматики.

Система отопления, в которой реализована система учёта текущих климатических параметров, предполагает наличие следующих компонентов:

- контроллер, который производит управление системой в различных режимах;
- температурные датчики (наружный, внутренний, в пределах контролируемых участков);
- клапан, выполняющий регулирование, и насос или элеватор и т.д.

Для определения режима работы системы отопления контроллер с помощью средств программирования в зависимости от полученных значений с датчиков настраивается на выполнение наиболее экономичного и комфортного алгоритма, в основе которого находится поддержание в заданном отношении температуры жидкой среды в отопительном контуре и температуры внешней среды. Отображение данного алгоритма выполняется в виде температурной кривой (см. рисунок 1 [6]).

Преимущества погодозависимой автоматики:

- постоянство внутренней температуры вне зависимости от резких перепадов внешней температуры;
- экономия топливных энергоресурсов;
- рост ресурса эксплуатации отопительного оборудования;
- рациональное управление мощностью котлов, при их использовании;
- снижение вредных выбросов от котлов в атмосферу.

Недостатки погодозависимой автоматики:

- высокая цена;
- сложный и затратный ремонт и техническое обслуживание;
- инерционность отопительного контура.



Рисунок 1. Графическое представление алгоритма работы погодозависимой автоматики на примере контроллера погодозависимого цифрового программного управления котловым и отопительными контурами Vitotronic 300-KW3.

Для того, чтобы нивелировать инерционность отопительной системы, а также улучшить экономический эффект от использования погодозависимой автоматики без потери комфортных условий, можно получать информацию о погодных условиях не через внешние температурные датчики, а напрямую с метеоспутников. Передающие центры EGRR, KWBC, FNMOC, СМС в открытом доступе предоставляют информацию о предполагаемой температуре воздуха в пространственных пределах Европы с заблаговременностью до 144 часов. Однако для эффективного учёта влияния погодных условий на системы отопления подобная технология должна располагать следующими данными:

- тепловые потери через ограждающие конструкции;
- расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции;
- избыточные тепловыделения бытового характера;
- гистерезис элементов системы отопления;
- количество теплопотребителей.

Наиболее подходящей для Беларуси является прогностическая модель GEM от передающего центра FNMOC, заблаговременность прогноза которой составляет 144 часа с дискретностью в 3 часа (см. рисунок 2, 3 [7]). Основопологающим условием при выборе прогностической модели является достаточность временной адаптации системы отопления к предстоящим температурным изменениям.

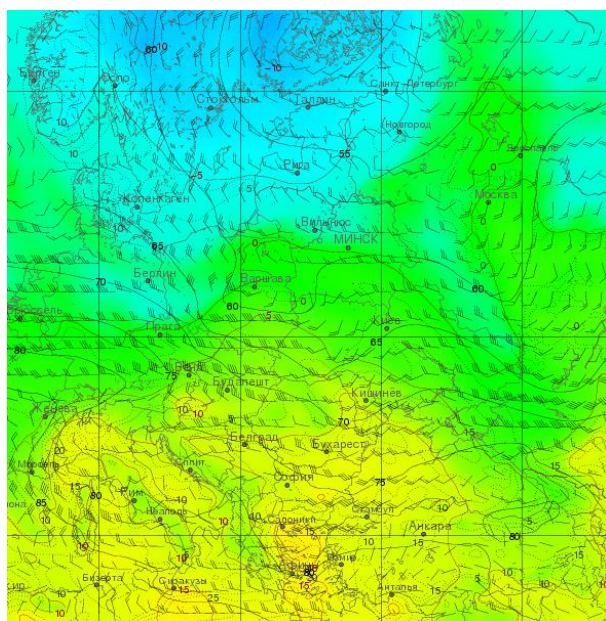


Рисунок 2. Реальные погодные условия, представленные по модели GEM на 00:00 (11.03.2019).

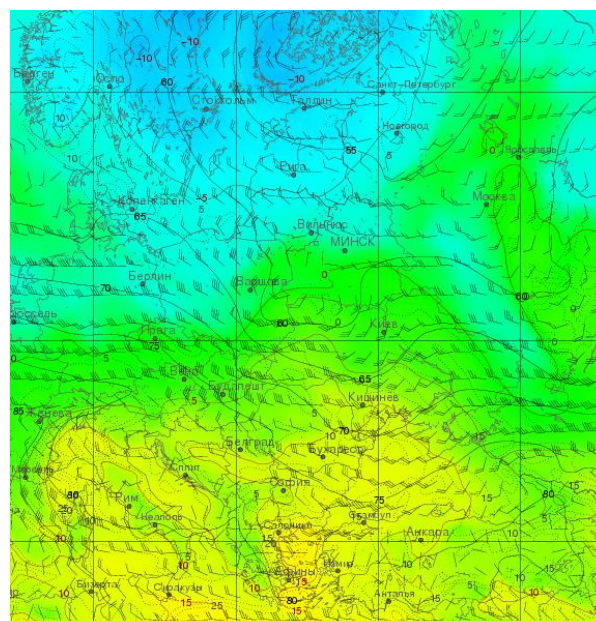


Рисунок 3. Прогностическая модель GEM на 03:00 (11.03.2019).

При реализации процесса по использованию моделей прогнозирования в системах отопления набор применяемых устройств остаётся практически полностью аналогичным стандартным системам с погодозависимой автоматикой. Внешний датчик температуры может использоваться с целью более тонкой настройки или быть всецело исключённым из системы, делая её более экономичной. Единственное существенное изменение — это организация сервера в пределах теплового пункта, который будет принимать и обрабатывать данные, поступающие с метеоспутников.

Достоинства данного подхода по сравнению со стандартной системой погодозависимой автоматики:

- полная компенсация инерционности системы за счёт алгоритмов, базирующихся на использовании данных заблаговременного прогнозирования;
- более рациональное использование энергоресурсов;
- исключение предельных и близких к ним мощностей работы теплоагрегата;
- постоянство поддержания комфортных условий.

Недостатки данного подхода по сравнению со стандартной системой погодозависимой автоматики:

- стоимость оборудования выше за счёт организации сервера;
- наладка и обслуживание системы дороже за счёт сложности и, как следствие, необходимости более высокой квалификации специалиста;
- зависимость от источника получаемых данных;
- дополнительные расходы электроэнергии.

Список использованных источников:

1. Building automation – impact on energy efficiency / Брошюра: Siemens Switzerland Ltd.
2. Показатели устойчивой энергетики [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaya-statistika/sistema-pokazateley-energoeffektivnosti/>
3. Головин, А.А. Перспективы систем управления зданиями / А.А. Головин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 6. – С. 394-399.
4. Грибков, И.Н. Анализ систем отопления и перспективы автоматизации / И.Н. Грибков, А.Н. Лыков // Вестник Перм. нац. исс. политех. ун-та. – 2012.
5. Аникин, А.С. Экспериментальная идентификация структуры и параметров автоматических регуляторов систем отопления / Аникин А.С., Балденков А.А., Кодкин В.Л. // Вестник Южн.-Урал. гос. ун-та. – 2015. – №3. – С. 147-152.
6. Vitotronic 300-KW3. Инструкция по монтажу и сервисному обслуживанию. / Viessmann Werke GmbH&Co KG. – 2005. – № 2. – 136 с.
7. Карта прогноза температуры воздуха, ветра и высоты геопотенциала на 925 гПа [Электронный ресурс] / Белгидромет. Режим доступа: <http://meteoinfo.by/maps/?type=cmc&map=TMP925&date=2019031112&time=00>.

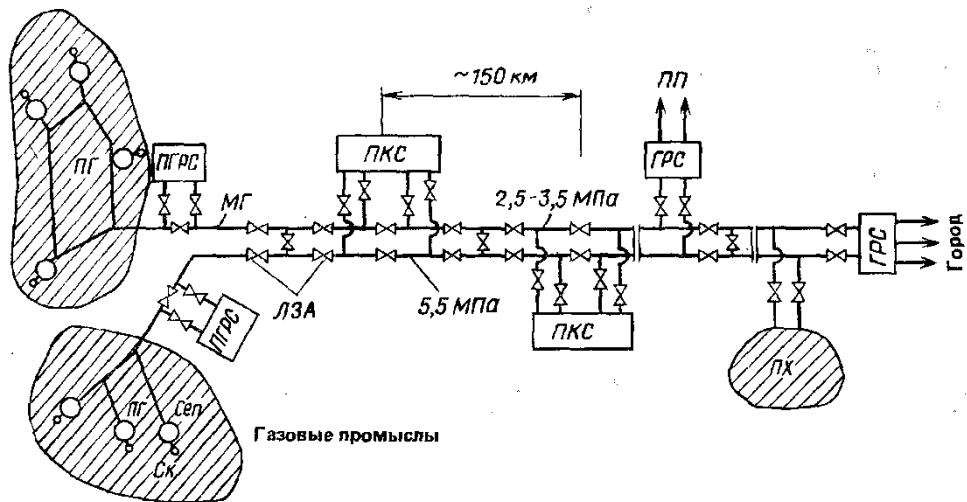
Антонович А.А., Жигало П.Ю.

ВЕДУЩИЕ ГАЗОВЫЕ МАГИСТРАЛИ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Сальникова С.Р. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Принципиальная схема газотранспортной системы

Магистральный газопровод предназначен для транспорта газа из района добычи или производства в район его потребления. Магистральный газопровод отличается высоким давлением 5,5-7,5 МПа, современный 10 МПа и большими диаметрами трубопровода — 1020, 1220, 1420 мм. Сооружаются из стальных труб.



Ск – скважины; Сеп – сепараторы; ПГ – промысловые газопроводы; ПГРС – промысловая газораспределительная станция; МГ – магистральный газопровод; ПКС – промежуточная компрессорная станция; ЛЗА – линейная запорная арматура; ГРС – газораспределительная станция; ПХ – подземное хранилище газа; ПП – промежуточный потребитель.

Рисунок 1. Принципиальная схема газотранспортной системы.

Газ из скважины поступает в сепараторы, где от него отделяются твердые и жидкие механические примеси. Далее по промысловым газопроводам газ поступает в коллекторы и в промысловые газораспределительные станции (ПГРС). Здесь газ вновь очищают в масляных пылеуловителях, осушают, одорируют и снижают давление газа до расчетного значения, принятого в магистральном газопроводе. В начальный период эксплуатации пластовое давление бывает достаточное. Головную компрессорную станцию строят только после снижения давления в пласте. Промежуточные компрессорные станции располагают примерно через 150 км. Для возможности проведения ремонтов предусматривают линейную запорную арматуру, которую устанавливают не реже чем через 25 км. Для надежности газоснабжения и возможности транспортировать большие потоки газа современные магистральные газопроводы выполняют в две или несколько ниток.

Газопровод заканчивается газораспределительной станцией (или несколькими ГРС), которая подает газ крупному городу или промышленному узлу. По пути газопровод имеет отводы, по которым газ поступает к ГРС промежуточных потребителей (городов, населенных пунктов и промышленных объектов). Для покрытия сезонной неравномерности используют подземные хранилища и специально подобранные потребители-регуляторы.

Развитие газового комплекса в БССР началось в 1960 году в г. Минск после завершения строительства магистрального газопровода Дашава-Ивацевичи-Минск протяженностью 660 километров. В дальнейшем газоснабжение Беларуси осуществлялось из северных месторождений Тюменской области. За 1974-1985 год была построена развитая сеть магистральных газопроводов: три нитки газопровода Торжок-Минск-Ивацевичи длиной 453 км, и отводы от него на Могилёв, Гомель, Климовичи, Бобруйск, Витебск, Гродно и Молодечно. Построены 2 нитки магистрального газопровода Ямал-Европа 1420 мм протяженностью на территории Беларуси 575 км.

В настоящее время протяженность сетей природного газа в республике составляет 59,98 тыс. километров.



Рисунок 2. Схема магистрали на территории Беларуси.

Ямал-Европа. Общая протяжённость газопровода превышает 2000 км, диаметр — 1420 мм. Проектная мощность — 32,9 млрд м³ газа в год. Количество компрессорных станций на газопровode — 14 (3 — в России, 5 — в Беларуси, 5 — в Польше и 1 — в Германии).

ОАО «Газпром БелТрансгаз» эксплуатируется 3 подземных хранилища газа: Осиповичское и Прибугское — создание водоносных отложений, Мозырское — в соленосских. Протяжённость российского участка составляет 402 км с тремя компрессорными станциями: «Ржевская», «Холм-Жирковская» и «Смоленская».

По Беларуси проходит 575 км газопровода, здесь построены 5 компрессорных станций: «Несвижская», «Крупская», «Слонимская», «Минская» и «Оршанская».

Крупнейшими газопроводами России (помимо Ямал-Европа) являются:

– «Уренгой-Помары-Ужгород». Общая длина газопровода — 4451 км. Диаметр трубопровода — 1420 мм. Пропускная способность — 28 млрд. м³ газа в год.

– «Союз». Основной источник газа для магистрали является Оренбургское газоконденсатное месторождение. Газопровод «Союз» проходит через территорию России, Казахстана и Украины по маршруту: Оренбург – Уральск – Александров Гай – ГИС «Сохрановка» (граница России и Украины) – Кременчуг – Долина – Ужгород. Общая протяжённость газопровода – 2750 км., в том числе в Казахстане 300 км и 1568 км по территории Украины. Диаметр газопровода – 1420 мм. Пропускная способность – 26 млрд. м³ газа в год.

– «Северный поток». Магистральный газопровод между Россией и Германией, проходящий по дну Балтийского моря. Это самый длинный подводный маршрут экспорта газа в мире, его протяжённость — 1224 км. Диаметр трубы (внешней) — 1220 мм. Владелец и оператор — компания Nord Stream AG. Рабочее давление — 22 МПа. В проекте участвуют Россия, Германия, Нидерланды и Франция.



Рисунок 3. Схема магистрального газопровода «Северный поток».

Европа. Один из самых длинных в мире подводных газопроводов проложен между Норвегией и Великобританией по дну Северного моря. Магистральный газопровод «Лангелед» соединяет норвежское газовое месторождение Ормен Ланге с британским терминалом Исингтоном. Его протяженность составляет 1200 км. Строительство началось в 2004 году, официальное открытие прошло в октябре 2007 года в Лондоне.

Ближний Восток. Газопровод «Иран – Турция», протяженностью 2577 км проложен из Табриза через Эрзурум в Анкару. Изначально газопровод «Табриз – Анкара» с пропускной способностью 14 млрд. м³ газа в год.

Азия. Китайский газопровод «Запад – Восток», протяженностью 8704 км, соединяет базовые северо-западные ресурсы Таримского бассейна — месторождение Чанцин, запасы которого оцениваются в 750 миллиардов кубометров газа — с экономически развитым восточным побережьем Поднебесной. Газопровод включает в себя одну магистральную линию и 8 региональных ответвлений. Проектная мощность трубопровода — 30 млрд. м³ природного газа в год. Тысячи километров труб протянулись через 15 регионов провинциального уровня и проходят через различные природные зоны: плато, горы, пустыни и реки.

Газопровод «Средняя Азия – Центр», протяженностью 5000 км соединяет газовые месторождения Туркмении, Казахстана и Узбекистана с промышленно развитыми районами центральной России, стран СНГ и дальнего зарубежья. Первая очередь трубопровода была пущена в эксплуатацию еще в 1967 году. Впервые в истории мировой газовой промышленности были использованы трубы диаметром 1200–1400 мм. При строительстве были осуществлены подводные переходы магистрального газопровода через крупнейшие реки региона: Аму-Дарья, Волга, Урал, Ока. Газопровод «Туркмения – Китай» проходит по территории четырех стран (Туркмения, Узбекистан, Казахстан и Китай) и имеет протяженность 1833 км. Строительство трубопровода началось в 2007 году. Официальная церемония

открытия газопровода состоялась 14 декабря 2009 года на месторождении Самандепе (Туркмения). Диаметр труб — 1067 мм. Проектная мощность газопровода — 40 млрд. м³ природного газа в год.

Северная Америка. Первый и самый длинный на сегодняшний день американский магистральный газопровод «Теннесси», построен в 1944 г. Его длина составляет 3300 км, и он включает в себя пять ниток диаметром от 510 до 760 мм. Маршрут проходит от Мексиканского залива через штаты Арканзас, Кентукки, Теннесси, Огайо и Пенсильванию до Западной Вирджинии, Нью Джерси, Нью-Йорка и Новой Англии.

Американский газопровод высокого давления «Rockies Express», протяженностью 2702 км, проложил свой маршрут от Скалистых гор (штат Колорадо) до Огайо. Последняя нитка газопровода была запущена 12 ноября 2009 г. Диаметр 910 – 1070 мм и состоит из трех ниток, которые идут по территории восьми штатов. Пропускная способность магистрали — 37 млрд. м³ газа в год.

Южная Америка. Газопровод «Боливия-Бразилия» является самым длинным трубопроводом природного газа в Южной Америке. 3150-километровый трубопровод соединяет газовые месторождения Боливии с юго-восточными регионами Бразилии. Строился в два этапа, первая ветка длиной 1418 км начала работу в 1999 г., вторая ветка длиной 1165 км начала работу в 2000 г. Диаметр газопровода 410 – 810 мм. Пропускная способность магистрали — 11 млрд. м³ газа в год.

Африка. Магистральный газопровод «ТрансМед», протяженностью 2475 км, проложил свой маршрут из Алжира через Тунис и Сицилию в Италию, далее расширение трубопровода осуществляет поставки алжирского газа в Словению. Диаметр наземной части 1070-1220 мм. Текущая мощность трубопровода составляет 30.2 миллиарда кубических метров природного газа в год. Газопровод включает в себя следующие участки: алжирский (550 км), тунисский (370 км), подводный переход от африканского побережья на остров Сицилия (96 км), сухопутный сицилийский участок (340 км), подводный переход от острова Сицилия до материковой Италии (15 км), сухопутный участок по территории Италии с отделением в Словению (1055 км).



Рисунок 4. Схема магистрального газопровода «ТрансМед».

Магистральный газопровод «Магриб-Европа» связывает гигантское газоконденсатное месторождение Хасси-Рмель в Алжире — через территорию

Марокко — с ГТС Испании и Португалии. От испанского города Кордова, область Андалусия газопровод через область Эстремадура идет в Португалию. Основные поставки природного газа по газопроводу поступают в Испанию и Португалию, значительно меньшие — в Марокко. Общая длина газопровода составляет 1620 километров и состоит из следующих участков: алжирский (515 км), марокканский (522 км), и андалузский (269 км) участки диаметром 1220 мм, подводный участок (45 км) диаметром 560 мм, а также португальский участок (269 км), проходящий через испанскую автономную область Эстремадура (270 км) диаметром 28, 32 дюйма.

Австралия. Магистральный газопровод «Дампьер-Банбери», введенный в эксплуатацию в 1984 году, является самым длинным трубопроводом природного газа в Австралии. Протяженность газопровода, диаметр которого 660 мм, составляет 1530 км. Берет свое начало на полуострове Берруп и поставляет газ потребителям юго-западной части Австралии.

Гладун Ю.А., Табола Д.В.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОТОПЛЕНИЯ БАСЕЙНА В ЧАСТНОМ ДОМЕ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Нововсельцев В.Г., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Об открытом или закрытом, маленьком или большом бассейне сегодня задумывается каждый владелец приусадебного участка загородного дома. Одни используются только в теплое время года, а другие предназначены для круглогодичной эксплуатации. В данной статье расскажем, как сделать оптимальное отопление бассейна, чтобы можно было чувствовать себя комфортно при любой температуре воздуха на улице.

При проектировании бассейна, расположенного в коттедже, необходимо обеспечить обогрев воздуха и воды.

Для правильной организации обогрева воздуха и воды в помещении бассейна необходимо учесть оптимальные параметры микроклимата. В соответствии с санитарными нормативами минимальная температура воды составляет +24°C, температура в помещении всегда должна на 2-3°C превышать температуру воды бассейна, а оптимальный уровень влажности должен равняться 50-60 %, так как более высокий уровень влажности может спровоцировать обильное оседание конденсата.

Основные задачи при проектировании бассейна внутри частного дома.

Обеспечение оптимального уровня влажности. Рассмотрим два способа регулирования оптимального уровня влажности.

Осушители способны одновременно выполнять несколько важных функций: удалять излишки проходящей через них влаги; выполнять очистку от пыли, а также всевозможных примесей. При этом весь конденсат, который образовывается во время очистительного процесса, выходит в канализацию через специальные отводы. Наиболее предпочтительным данный вариант является для тех помещений, которые уже эксплуатируются и в которых были обнаружены ошибки, спровоцировавшие повышение уровня влажности.

Вентиляция. Приточная вентиляция является обязательным элементом любого бассейна, так как она обеспечивает не только постоянный приток свежего воздуха, но и качественный его нагрев. Для этого помещения следует устанавливать автономную приточно-вытяжную вентиляцию, которая совершенно не связана с остальными частями жилого коттеджа. Эффективная система вентиляции зачастую оснащается встроенным подогревателем и осушителем воздуха – только в этом случае бассейн будет максимально комфортным.

Эффективные методы обогрева воды в бассейне. В целях эффективного нагрева воды в бассейне может применяться несколько методов:

Специальные теплообменники. Один из наиболее распространенных и удобных вариантов, при помощи которого можно нагреть воду бассейна в коттедже. Данный прибор представляет собой крупную колбу, внутри которой осуществляется интенсивная циркуляция горячей воды. В результате этого тепловая энергия эффективно перераспределяется, и вода в бассейне постоянно имеет комфортную температуру.

Электрические системы подогрева воды. Подходят в тех случаях, когда бассейн имеет весьма просторные размеры. Такая система, имеющая в своей конструкции один или несколько ТЭНов, расположенных в том отсеке, где происходит подача воды в водоснабжающей системе. Во время прохождения через ТЭНы вода нагревается до оптимального для бассейна уровня. Для установки электрических систем требуется очень мощная и надежная проводка.

Водонагреватели, функционирующие на природном газе или твердых видах топлива. Такие системы, как правило, устанавливаются одновременно для всего коттеджа и бассейна, в связи с чем затраты несколько сокращаются. Один котел может использоваться для подсоединения контуров отопления, а также водоснабжающей системы бассейна.

Способы обогрева помещения бассейна. Для обеспечения требуемой температуры воздуха в помещении бассейна применяются следующие виды обогревателей:

Радиаторы водяного отопления. Является классическим решением отопления помещения бассейна. Радиаторы, предназначенные для отопления данного помещения, могут подключаться как автономно, так и к контуру отопления всего дома. Так как температурный режим жилых комнат и помещения бассейна отличен друг от друга, предпочтительнее спроектировать автономное подключение. Преимуществом данного подключения является возможность устанавливать желаемую температуру в помещении, вне зависимости от температуры в других комнатах дома, а также наблюдается рост энергоэффективности: снижается нагрузка на центральную домовую отопительную систему. Для автоматического регулирования расхода теплоносителя через отопительный прибор, в зависимости от температуры воздуха в помещении, применяют термостатический клапан (примером является клапан с термоголовкой VALTEC VT.5000.00 с пятой преднастройкой).

Конвекторы. Могут монтироваться на стену либо встраиваться в пол. При выборе встраиваемых внутри пола приборов лучше отдать предпочтение моделям, оснащенным вентиляторами. Благодаря движению их лопастей будет обеспечена надежная вентиляция и эффективный тепловой обмен. Устройства гарантируют эффективный прогрев площадки возле бассейна в любой период года.

Инфракрасные обогреватели. Такие обогреватели совершенно не боятся влаги, не подвержены коррозии, поэтому их устанавливают в бассейнах. Предполагают возможность их установки на потолке, тем самым освобождая место на полу и стенах и

увеличивая «свободную» зону пребывания человека. Данный вид обогревателя способен обеспечить необходимую температуру в помещении за наиболее короткий срок.

Инфракрасные обогреватели. Отопление бассейнов часто делается на основе использования теплых полов — это комфортно и экономически выгодно. Выделяется две группы отопительных конструкций для пола: водяные и электрические. Главное различие этих видов состоит в источнике нагрева. Так, для конструкций на основе труб требуется источник теплой воды. А для кабельных или инфракрасных — электрическая сеть. В плане результативности все разновидности теплого пола примерно одинаковы, а вот экономическая выгода просчитывается в каждом конкретном случае. Однако для бассейна рекомендуется использовать подогрев на основе водяных труб — дело в повышенной влажности помещений. Поэтому электрические полы находятся в зоне риска. Но если тёплый пол делается своими руками на основе кабеля и монтируется в стяжку — разницы нет. Стяжка защитит кабель от проникновения воды.

Для максимального комфорта делать теплый пол в бассейне рекомендуется с зонированием, обеспечив отдельную регулировку прогрева на разных участках поверхности. Для этого система, создаваемая своими руками, должна в обязательном порядке включать такие элементы:

- терморегулятор и датчики температуры – они размещаются на разных участках и контролируют заданные пользователем параметры;
- блок управления — задает настройки для разных зон помещения и автоматизирует поддержание нужной температуры в помещении;
- коллектор — чтобы реализовать зонирование помещения, необходимо использовать коллекторную систему.

Принцип коллекторной системы заключается в том, что к каждому потребителю подводится отдельный канал от источника тепла. Так все зоны получаются независимыми друг от друга. Помимо возможности поддержания разной температуры, коллектор дает еще один плюс — есть возможность отключения любой ветки обогрева без влияния на остальные. Так же имеется возможность подогрева воды полами в чаше бассейна. Обычно для этого используется специальное оборудование, включающее в себя нагревательные тэны. Однако никто не мешает проложить своими руками водяные трубы для теплых полов по дну чаши.

Подводя итоги можно сказать, что наиболее комфортным, рациональным и экономичным будет отопление помещения бассейна устройством теплого пола, одним из главных преимуществ которого является тот факт, что для оформления пола в бассейнах применяется кафельная плитка. А этот материал относится к холодным, поэтому даже когда в помещении тепло ходить босиком по керамике дискомфортно. А если обходные дорожки, прогреваются от теплых полов — наступать на них гораздо приятнее. Еще один момент — на кафель постоянно попадает открытая вода. А это приводит к двум вещам: в помещении повышается влажность, ходить по мокрой плитке опасно — есть риск поскользнуться. Теплые полы решают и эти проблемы — вода испаряется с теплой поверхности быстрее, поэтому в помещении становится гораздо суше. Да и ходить по сухой плитке безопаснее.

Список использованной литературы:

1. <http://www.obogrevatel.by>
2. https://valtec.ru/catalog/elementy_avtomatiki/termogolovki_i_privody/golovka_term_ostaticheskaya_jidkostnaya_vt50000.html
3. <https://rinnipool.ru/raznoe/otoplenie-bassejna-v-dome.html>
4. <https://laminatopol.ru/24241-teplyie-polyi-v-bassejne.html>

Иванюк Д.В., Мешик К.О.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Создание и поддержание в различных помещениях благоприятных условий для нормальной деятельности человека является основной задачей для специалистов в области вентиляции и кондиционирования. Современные системы кондиционирования воздуха — это сложный комплекс в кластере систем климатизации, в них применяется большое количество функциональных блоков и агрегатов, которые технологически взаимосвязаны и взаимозависимы. Эффективность работы такой системы, ее технико-экономические показатели во многом зависят от принятых схем.

Выбор принципиальной схемы может быть решен в ходе построения на I-d диаграмме процессов обработки воздуха в кондиционере. При построении процессов необходимо стремиться к рациональному использованию энергии, экономичному расходу холода, тепла и электроэнергии. С этой целью необходимо проанализировать возможность применения прямого или косвенного испарительного охлаждения воздуха, при необходимости применить схемы с регенерацией теплоты удаляемого воздуха, а также первую и вторую рециркуляцию, рассмотреть вариант применения схемы с байпасом [1].

Схемы процессов изменения состояния воздуха в помещении и при его обработке в приточно-вытяжной установке должны быть представлены на I-d диаграмме с учетом избытков полной теплоты и влаговывделений в помещении для всех расчетных периодов года.

Параметры воздуха представлены характерными точками:

- Точка Н — параметры наружного воздуха;
- Точка В — параметры воздуха в обслуживаемой зоне;
- Точка П — параметры приточного воздуха;
- Точка У — параметры удаляемого воздуха.

Согласно п.7.2 [2] для обеспечения параметров микроклимата в пределах оптимальных норм принимаем систему кондиционирования воздуха второго класса.

Расчетные параметры наружного воздуха принимаем по Приложению Е, в соответствии с п. 5.14 [2]. Параметры воздуха в обслуживаемой зоне определяются по [3]. Построение начинаем с нанесения на I-d диаграмму точек Н и В, которые характеризуют состояние наружного и внутреннего воздуха соответственно. Расчетные параметры наружного воздуха для города Борисов представлены в таблице 1. Расчетные параметры внутреннего воздуха для зала заседаний представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха

| Период года | Температура t_n , °С | Удельная энтальпия, I_n , кДж/кг | Скорость ветра v , м/с |
|-------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Теплый | 24,2 | 49,1 | 2,6 |
| Холодный | -24,0 | -23,2 | 3,8 |

Таблица 2 – Расчетные параметры внутреннего воздуха

| Период года | Температура $t_{в}$, °С | Относительная влажность $\phi_{в}$, % | Скорость движения $v_{в}$, м/с |
|-------------|--------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Теплый | 25 | 60 | 0,3 |
| Холодный | 19 | 30 | 0,2 |

Представим характеристику процессов с наименьшими затратами тепла, воды и энергоресурсов, посчитанных по [4] и [5].

1) Процесс обработки воздуха в теплый период с первой рециркуляцией и фреоновым охладителем

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\varepsilon_T=7409,28$ на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_{П} = \text{const}=20^{\circ}\text{C}$), точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_{У} = \text{const}=25,75^{\circ}\text{C}$).

Принимаем, что нагрев воздуха в вентиляторе и путевые изменения его температуры в воздуховодах составляют примерно 1°C при $d = \text{const}$. По этой причине точка, характеризующая состояние воздуха на входе в вентилятор, находится ниже точки П на один градус по линии $d_{П} = \text{const}$. Параметры воздуха на входе в вентилятор характеризует точка П'.

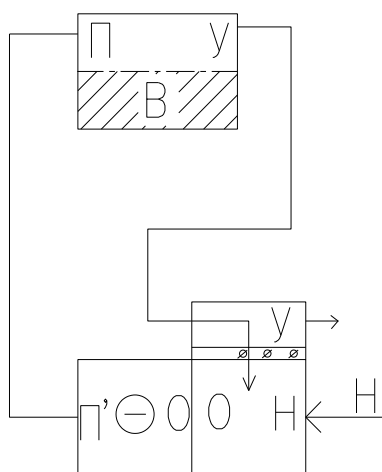


Рисунок 1. Принципиальная схема установки.

По принятой схеме (рис. 1) на диаграмме (рис. 2) линия НУ характеризует первую рециркуляцию, где рециркуляционный воздух составляет 47%. Далее смешанный воздух охлаждается в воздухоохладителе, его характеризует линия ОП'. Линия П'П — нагрев воздуха в вентиляторе. ПВ характеризует изменение состояния воздуха в помещении.

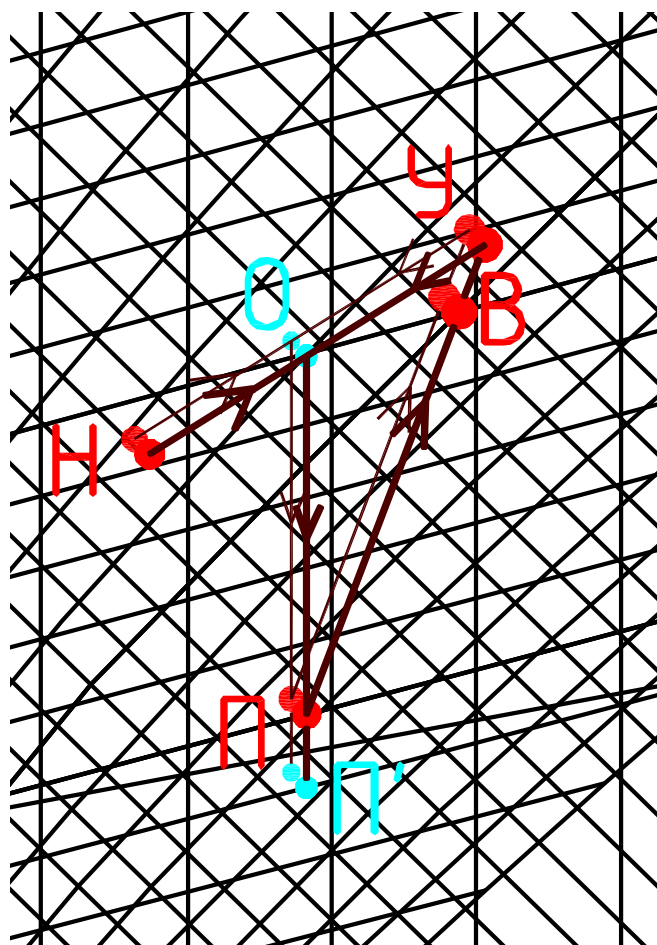


Рисунок 2. Процесс обработки воздуха в теплый период.

2) Процесс обработки воздуха в холодный период с роторным рекуператором и второй рециркуляцией

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\varepsilon_x=12397,26$ кДж/кг на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_{\text{П}}=15^{\circ}\text{C}$) и точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_{\text{У}}=20,2^{\circ}\text{C}$).

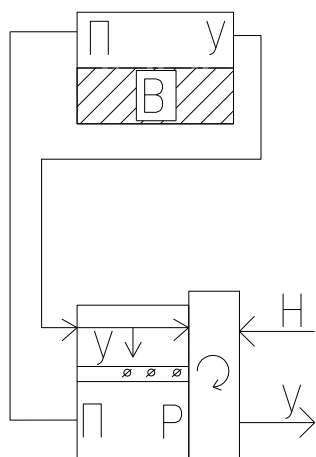


Рисунок 3. Принципиальная схема установки.

По принятой схеме установки (рис. 3) линия НР (рис. 4) характеризует процесс изменения состояния воздуха в рекуператоре, где наружный воздух нагревается за счет отбора теплоты удаляемого воздуха, без его смешивания с наружным. Точка Р характеризует состояние воздуха на выходе из рекуператора. Линия РУ — линия смешения удаляемого воздуха с рециркуляционным. Точка П — точка смешения. Линия ПВ характеризует изменение состояния воздуха в помещении.

Исходя из полученных данных, для дальнейшего анализа и оптимального выбора центрального кондиционера, будем использовать такие технологические схемы, как:

- Первая схема — процесс обработки воздуха в теплый период с первой рециркуляцией и фреоновым охладителем;
- Вторая схема — процесс обработки воздуха в холодный период с роторным рекуператором и второй рециркуляцией

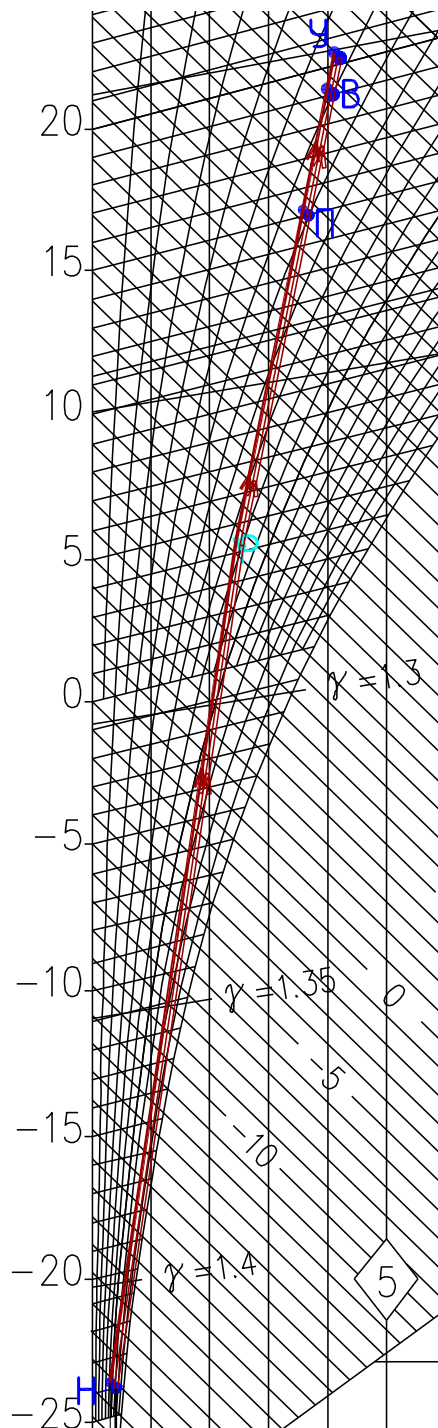


Рисунок 4. Процесс обработки воздуха в холодный период.

Список использованных источников:

1. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение». Составители: Сальникова С.Р., Янчилин П.Ф – Брест 2015. – 53с.

2. СНБ 4.02.01–03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. - Минск, 2004.
3. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – 1999. – 7 с.
4. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие/ П.И.Дячек. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 676 с.
5. Методические указания к курсовому проектированию по курсу лекций «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение». Составители: Крамаренко П.Т., Козлов С.С., Грималовская И.П. – Нижний Новгород 2009. – 50с.

Кухарчук Т.В., Мельник Е.И.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ КВАРЦЕВЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-14. Научный руководитель: Нововсельцева Д.В., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Кварцевые обогревательные приборы представляют собой монолитную плиту, базовым элементом при создании которой используется специальный раствор из кварцевого песка. В эту плиту встроен нагревательный элемент, изготовленный из хрома либо никеля. При подключении прибора к сети, всю электрическую энергию он преобразовывает в тепловую, а затем медленно отдает ее в виде теплового излучения, нагревая воздух. Данное излучение можно сравнить с кирпичом из деревенской печки (эффект деревенской печки). Данные обогреватели обладают рядом **достоинств**, которые предлагают нам производители, но в некоторых случаях есть нюансы:

- Экологически чистые;
- Относительно небольшая стоимость (75-160 BYN)

Можно приобрести обогреватель и за более низкую стоимость, например, тепловентилятор или конвектор (20-50) BYN. Однако 75 BYN все же небольшая плата за отопительный прибор;

- Большой срок эксплуатации (не менее 30 лет);
- Не пересушивают воздух, в отличие от других обогревателей

Но при использовании это не совсем так, потому что плита разогревается до температуры 95°C. При такой температуре влага испаряется интенсивнее;

- Довольно высокий КПД (до 95%);
- Существенная экономия электрической энергии (0,3-0,5 кВт);
- Возможна установка терморегулятора, при помощи которого обогреватель будет работать автономно в течение нескольких часов, поддерживая оптимальный температурный режим в помещении;
- Кварцевый песок долгое время излучает тепло, даже при отсутствии электроэнергии (в течение 1-1,5 часа);

Рассматривая два предыдущих пункта, можем сказать, что на практике это не совсем хорошо: при повышении температуры в комнате терморегулятор отключает прибор, чтобы обеспечить снижение этой температуры, но при этом мгновенное

остывание прибора невозможно, потому что кварцевый песок выполняет функцию накапливающего теплового аккумулятора и долго остывает, т.е. является высоко инертным. И даже после отключения прибор долго будет отдавать тепло. С одной стороны экономиться электроэнергия, что, безусловно, хорошо, но с другой стороны в помещении длительное время будет жарко, если температура воздуха на улице поднимется.

- В большинстве случаев крепится на стену, не занимая лишнего места в помещении;
- Быстрота и простота монтажа.

Большинство источников предлагают нам только преимущества таких приборов, но идеальных вещей не бывает, поэтому, просмотрев и проанализировав большое количество отзывов от покупателей, мы выделили следующие **недостатки**:

- Растрескивание монолитной плиты от излишней влаги;
- Несмотря на заземление, приборы некоторых производителей не обеспечивают 100% безопасность;
- Достаточно большой вес конструкции(11-14кг);
- На корпусной части прибора нет ручек, из-за чего процесс переноса и монтажа плоской плиты усложняется;
- Для комфортного использования необходимо докупать множество дополнительных деталей (терморегулятор, отражающая пленка, напольная подставка, защитный экран и т.п.);
- Неравномерный прогрев помещения, из-за чего человек испытывает дискомфорт.

Для белорусского рынка отопительных приборов кварцевые обогреватели можно назвать новинкой. В 2015 году компания торговой марки ТеплопитБел впервые начала производство обогревателей на основе кварцевого песка. Если сравнить обогреватели белорусской марки ТеплопитБел, к примеру, с российской Теплэко, то отопительные приборы нашего производителя выигрывают по многим показателям:

1. Теплэко изготавливает свои обогреватели только с гладкой поверхностью с незначительными искусственными царапинами в одном варианте исполнения (сравнительно гладкая бетонная плита). А ТеплопитБел производит свою продукцию в трех вариантах дизайнерского исполнения:

- с покрытием крошкой в разных цветовых вариациях;
- с глянцевой (в разных цветах) поверхностью с ребрами для лучшего теплового излучения;
- под французские окна с покрытием крошкой в различные цвета и оттенки.

2. Российские обогреватели производятся с мощностью 400 Вт и рассчитаны на площадь обогрева 5-6 м². В то время как белорусские производятся сразу в трёх вариациях:

- с мощностью 250 Вт и рассчитаны на площадь отопления 6-10 м²
- с мощностью 300 Вт и рассчитаны на площадь отопления 8-12 м²
- с мощностью 350 Вт и рассчитаны на площадь отопления 10-12 м²

Таким образом видим, что обогреватели фирмы ТеплопитБел экономичнее в плане потребления энергии, а также рассчитаны на большую площадь обогрева.

3. Если рассмотреть длину кабеля прибора, то и тут есть выигрышная позиция белорусского производителя. Например, кабель электрообогревателя из России не более 1 м, в то же время электрический кабель отечественного производителя 1,5 м.

4. Что же касается стоимости, то купить обогреватель Теплэко можно за 85 BYN, а обогреватель ТеплопитБел — за 75 BYN.

Таким образом, обогреватели двух производителей существенно отличаются друг от друга на визуальном уровне, по техническим параметрам и по вариантам исполнения. Белорусские обогреватели выглядят привлекательнее для потребителей, а также эти отопительные приборы рекомендованы к применению Национальной академией наук РБ.

Бойко С.В., Матлашук Д.В.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Большая часть нашей жизни проходит в помещении, и каждый из нас хотел бы, чтобы воздух, которым мы там дышим, был свежим и чистым. Для обеспечения воздухообмена в помещении, для поддержания оптимальных параметров внутреннего воздуха и применяют систему вентиляции.

Вентиляция — совокупность факторов, определяющих метеорологическую обстановку в помещении. К этим факторам относятся: температура воздуха, относительная влажность, скорость движения (подвижность) воздуха в рабочей или обслуживаемой зоне помещения.

Современные системы вентиляции бывают разных типов и в зависимости от своего предназначения разделяются на несколько подгрупп. Это разделение проводится по нескольким параметрам: направление движения воздуха, метод приведения воздушных масс в движение, обслуживаемая территория.

Все типы вентиляционных систем могут применяться как отдельно, так и совместно в одном здании. Классификация систем вентиляции по их функциональному назначению и принципиально-конструктивным особенностям:

- 1 По назначению:
 - приточные;
 - вытяжные.
- 2 По способу побуждения движения воздуха:
 - с естественным побуждением (естественные);
 - с механическим побуждением (механические, принудительные).
- 3 По наличию воздуховодов:
 - канальные;
 - бесканальные.
- 4 По обслуживаемой зоне:
 - общеобменные;
 - местные (локальные).

Естественная вентиляция. Как уже говорилось, естественная вентиляция является одной из популярных разновидностей современных систем. Этот тип

вентиляции помещений подразумевает то, что воздух приводится в движение естественными факторами. Точнее, это разница давлений (температур) воздушного столба между нижним уровнем обслуживающей зоны и верхним уровнем (вытяжным устройством установленным на кровле здания).

Ярким примером такой вентиляции является устройство вытяжных каналов в стенах многоэтажных и частных домов (рис. 1). Основной положительный фактор применения естественной вентиляции — дешевизна. Для нее нет необходимости применять дорогостоящее оборудование и организовать подключение к электричеству. Воздухообмен происходит сам по себе. Но нужно иметь в виду, что существуют и негативные стороны применения такой системы. В первую очередь это зависимость от погодных условий.

Движение воздуха в естественных каналах происходит только при отрицательной разнице давлений, но это не всегда так. Бывает моменты, когда давление внутри и снаружи помещения выравнивается. Тогда воздухообмен прекращается или даже наоборот, возникает обратная тяга. Очень сильно естественная система реагирует на осадки и смену погоды. Если в морозную солнечную погоду тяга может быть в несколько раз больше расчетной, то осенью в дождливый день может возникать и движение наружного воздуха внутрь помещения.

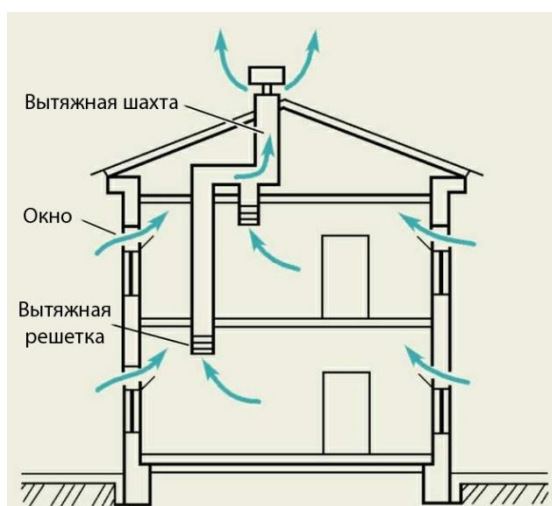


Рисунок 1. Схема работы естественной приточно-вытяжной вентиляции.

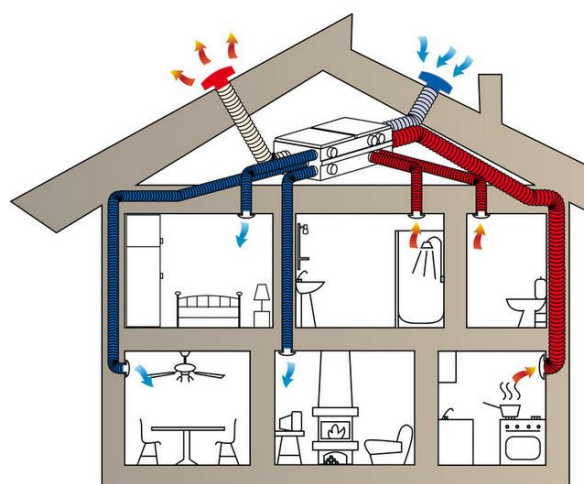


Рисунок 2. Схема работы механической приточно-вытяжной вентиляции.

Механическая вентиляция. Рассматривая далее виды систем вентиляции по методу приведения воздуха в движение остановимся на принудительной сети. В ней, в отличие от естественной, для движения воздуха используется электроэнергия. Воздухообмен происходит принудительно под действием вентиляционных агрегатов: вентиляторов, приточных и вытяжных установок (рис. 2). Основным движущим элементом такой системы является вентилятор. Это прибор, который состоит из корпуса и крыльчатки разного типа, а также электродвигателя. Электродвигатель приводит в движение крыльчатку, которая сконструирована таким образом, чтобы захватывать потоки воздуха и перемещать их из заборного патрубка в выхлопной.

Приточные системы. Как видно из названия, такие виды системы вентиляции, как приточные, предназначены для подачи наружного воздуха внутрь помещения. Они бывают как естественные, так и механические. Механические системы наиболее распространенные, так как позволяют точно контролировать объем подаваемого воздуха и его характеристики. Естественные приточные системы используются не так часто и в основном для неконтролируемой подачи воздуха. То есть при них

существует вытяжная система, которая работает по расчетным параметрам, а приток воздуха организовывается через щели в окнах, специальные отверстия или решетки естественным путем за счет разницы давления. Причем приточная система может работать в паре с вытяжной как естественного, так и механического типа (рис. 2). Следует иметь в виду, что обе системы работают взаимосвязано, так как объем подаваемого и вытяжного воздуха должен быть одинаков.

Вытяжные системы. Такие типы систем вентиляции, как вытяжные предназначены для удаления воздуха из помещения или его части. Они бывают как механические, так и естественные. Если естественные приточные системы малораспространенные, то вытяжные их варианты используются давно и результативно. В жилых помещениях основное назначение вытяжных систем – удаление продуктов жизнедеятельности человека и других загрязнителей воздуха. Во-первых, удалять необходимо углекислый газ, который образуется при дыхании. Причем его образуется достаточно большое количество. Кроме этого необходимо удалять пары воды, а также загрязненный воздух из санузлов и кухонь. В промышленности вытяжная вентиляция во многом призвана удалять загрязнения, которые возникают во время производственного процесса.

Правильный подбор параметров и самой вентиляционной системы поможет и обеспечить правильные характеристики воздушной среды в рабочей зоне или жилом помещении, и сэкономить энергоресурсы на функционирование всей сети. Но наличие системы вентиляции в здании, не всегда является гарантом хорошего качества воздуха в помещении. Так как данную систему требуется регулярно обслуживать и правильно эксплуатировать.

Список использованных источников:

1. Виды вентиляции и её классификация [Электронный ресурс] / Вентиляция от А до Я. Профессионально о вентиляции. Режим доступа: <https://topventilyaciya.ru/ventilyaciya/vidy-ventilyatsii.html>
2. Хрусталёв Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталёва – М.: Издательство АСВ, 2007. – 784 с.

Харкович М.В., Ховрах А.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В подавляющем большинстве жилых зданий в Республике Беларусь, как правило, применяется система вытяжной вентиляции с естественным побуждением.

Существуют определенные недостатки естественной вытяжной вентиляции, устраиваемой в жилых зданиях массовой застройки, например, низкое качество приточного воздуха и недостаточный воздухообмен. В последние годы в связи с повышением герметичности зданий, увеличением содержания в них синтетических

отделочных материалов, ужесточением требований к качеству внутреннего микроклимата эти недостатки еще сильнее обострились.

В настоящее время в нашей стране здания строятся с высокой степенью герметичности. В результате в таких зданиях практически отсутствует инфильтрация. И, как следствие, возникают проблемы — повышенная влажность, конденсация на внутренних поверхностях, образование плесени и т.д. Решением данных проблем и выходом из сложившейся ситуации является применение механической системы вентиляции. Однако есть определенные нюансы и вопросы по определению целесообразности и необходимости использования механической вентиляции в многоэтажных жилых зданиях взамен естественной вентиляции. Самой главной проблемой в случае использования этого решения — переоборудование существующих возведённых зданий. Например, во многих жилых домах, в которых была произведена реставрация фасада и установлены новые герметичные окна часто довольно трудно, а порой и невозможно, найти необходимое пространство для дополнительной установки механической вентиляции. Это основные технические трудности. Так же ещё можно столкнуться с тем, что некоторые жители по различным причинам просто не захотят иметь у себя в квартире механическую вентиляцию. Поэтому лучше всего изначально проектировать жилые дома с механической системой вентиляции. Но в большинстве строящихся домов до сих пор применяется вентиляция с естественным побуждением (а работа ее рассчитывается исходя из наружной температуры $+5^{\circ}\text{C}$). Например, в Финляндии с 2010 года действует строительный кодекс, одним из требований которого является то, что 45% теплоты вытяжного воздуха должны быть утилизированы (или для подогрева приточного воздуха, или для приготовления горячей воды, или на иные нужды). Механическая вентиляция с утилизацией теплоты вытяжного воздуха обязательна во всех жилых многоквартирных зданиях в Финляндии. Это требование распространяется как на новые, так и на прошедшие капитальный ремонт здания.

Несомненным плюсом механической вентиляции является возможность рекуперации теплоты вытяжного воздуха, т.е. нагрева приточного воздуха вытяжным, которая позволит экономить энергоресурсы, но для этого механической должна быть не только вытяжная, но и приточная вентиляция. Стоимость устройства приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла вытяжного воздуха окупается за счет экономии общего потребления тепла в доме, т.е. расход тепла на нужды отопления и вентиляции уменьшится.

Преимуществом механических приточных систем является гарантированная подача расчетного расхода приточного воздуха в каждую квартиру, возможность удаления пыли и мелких частиц, которые присутствуют в приточном воздухе и, как следствие, уменьшение аллергических заболеваний, возможность воздухораспределения, исключающего сквозняки вне зависимости от погодных условий на улице, возможность энергосбережения за счет утилизации теплоты удаляемого воздуха для нагрева приточного. А к недостаткам, кроме дороговизны, следует отнести затраты электроэнергии на перемещение приточного воздуха, возможные дополнительные теплотопери в вентиляционной камере и в воздуховодах.

В последние годы в Беларуси уделяется большое внимание энергосбережению, которого, в частности, при строительстве энергоэффективных жилых домов можно достичь путем применения систем механической вентиляции и кондиционирования воздуха. На сегодняшний день лучшим способом уменьшения тепловой нагрузки на вентиляцию является использование тепла удаляемого воздуха для подогрева приточного. Для реализации этой идеи необходимо применение системы

принудительной приточно-вытяжной вентиляции с теплоутилизацией. Ответ на вопрос о необходимости широкомасштабного перехода на механическую вытяжную вентиляцию в жилых многоквартирных жилых домах в современных условиях является положительным, а ее сочетание с механической приточной или естественной приточной вентиляцией требует проведения ряда целенаправленных сравнительных исследований на зданиях, оборудованных различными сочетаниями вентиляционного оборудования.

Список использованных источников:

1. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6267
2. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=58
3. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5599
4. <https://kom-mk.by/p1528018481>

Бойко С.В., Матлашук Д.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Нововсельцев В.Г., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Самочувствие и работоспособность человека тесно связаны с качеством воздуха в помещении, где он трудится и отдыхает. Одним из параметров, характеризующих качество воздуха в помещении, является концентрация углекислого газа. Она напрямую зависит от процессов жизнедеятельности человека. Превышение допустимого уровня углекислого газа негативно влияет на организм человека.

Так как ГОСТа по параметрам микроклимата в Республике Беларусь нет, то при проектировании многоквартирных и частных домов берут за основу межгосударственный стандарт ГОСТ 30494-2011 под названием «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». При рассмотрении норм углекислого газа в жилых и общественных помещениях, будем ссылаться на этот нормативный документ [2]. Нормы концентрации углекислого газа были сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Влияние на организм человека концентрации CO₂ в воздухе.

| Концентрация CO ₂ (ppm) | Строительные нормативы (согласно ГОСТ 30494-2011) | Влияние на организм согласно санитарно-гигиеническим исследованиям |
|------------------------------------|---|--|
| менее 800 | Воздух высокого качества | Идеальное самочувствие и бодрость |
| 800–1000 | Воздух среднего качества | На уровне 1000 ppm каждый второй ощущает духоту, вялость, снижение концентрации, головную боль |
| 1000–1400 | Нижняя граница допустимой нормы | Вялость, проблемы с внимательностью и обработкой информации, тяжелое дыхание, проблемы с носоглоткой |
| Выше 1400 | Воздух низкого качества | Сильная усталость, безынициативность, неспособность сосредоточиться, сухость слизистых, проблемы со сном |

Нормы углекислого газа в жилых помещениях. В жилых помещениях оптимальным значением концентрации CO₂ является диапазон от 800–1000 ppm. Отметка на уровне 1400 ppm — предел допустимого содержания углекислого газа в помещении. Если его больше, то качество воздуха считается низким. Однако уже 1000 ppm не признается вариантом нормы целым рядом исследований, посвященных зависимости состояния организма от уровня CO₂. Их данные свидетельствует о том, что на отметке 1000 ppm больше половины испытуемых ощущают последствия ухудшения микроклимата: учащение пульса, головную боль, усталость и, конечно, пресловутое «нечем дышать».

Физиологи нормальным уровнем CO₂ считают 600 – 800 ppm. Хотя некоторые единичные жалобы на духоту возможны и при указанной концентрации. Выходит, что строительные нормативы уровня CO₂ вступают в противоречие с выводами исследователей-физиологов. В последние годы именно со стороны последних все громче раздаются призывы обновить допустимые пределы, но пока дальше призывов дело не идет. Чем ниже норма CO₂, на которую ориентируются строители, тем дешевле обходится устройство вентиляции.

Нормы углекислого газа в офисах. В офисах наблюдаются те же проблемы, что и в учебных заведениях: повышенная концентрация CO₂ мешает сосредоточиться. Количество ошибок, совершаемых работниками, увеличивается, вследствие чего, производительность труда падает. Нормативы содержания углекислого газа в воздухе для офисов в целом те же, что для квартир и домов: приемлемым считается 800–1400 ppm. Однако, как мы уже выяснили, уже 1000 ppm доставляет дискомфорт каждому второму. К сожалению, во многих офисах проблема никак не решается. Где-то просто ничего о ней не знают, где-то ее сознательно игнорирует руководство, а где-то пытается решить при помощи кондиционера. Струя прохладного воздуха действительно создает кратковременную иллюзию комфорта, однако углекислый газ никуда не исчезает и продолжает негативно воздействовать на организм человека.

Может быть и так, что офисное помещение построено с соблюдением всех нормативов, но эксплуатируется с нарушениями. Например, плотность размещения сотрудников слишком велика. Согласно строительным правилам, на одного человека должно приходиться от 4 до 6,5 м² площади. Если сотрудников больше, то и углекислый газ в воздухе накапливается быстрее.

Нормы углекислого газа в учебных заведениях. В учебных заведениях оптимальным уровнем концентрации CO₂ в помещении принимается диапазон: 800–1000 ppm. Отметка на уровне 1400 ppm — предел допустимого содержания углекислого газа в помещении. Если его больше, то качество воздуха считается низким. Ведь чем больше углекислого газа в воздухе, тем сложнее сосредоточиться и справиться с учебной нагрузкой.

Таблица 2 – Концентрации CO₂ в воздухе аудиторий.

| Помещения | Концентрация углекислого газа, ppm | |
|-----------|------------------------------------|---------------|
| | до занятия | после занятия |
| ауд. 05 | 831 | 2706 |
| ауд. 06 | 780 | 1227 |
| ауд. 07 | 815 | 1461 |
| ауд. 103 | 859 | 2536 |
| ауд. 104 | 855 | 2228 |
| ауд. 107 | 1091 | 1233 |
| ауд. 108 | 819 | 2224 |

Чтобы выявить, соответствует ли качество воздуха в аудиториях БрГТУ нормативному, был проведен эксперимент, в ходе которого было выявлено, что за время учебного занятия (1,5 часа) диапазон концентрации углекислого газа в воздухе находится в пределах от 700 ppm до 2500 ppm. Измерения были получены благодаря прибору Testo 435. Данные о концентрациях углекислого газа в аудиториях 2 корпуса БрГТУ сведены в таблицу 2. Сравнение полученных концентраций углекислого газа в аудиториях «до» и «после» проведения занятия с нормативными концентрациями показано на рисунке 1.

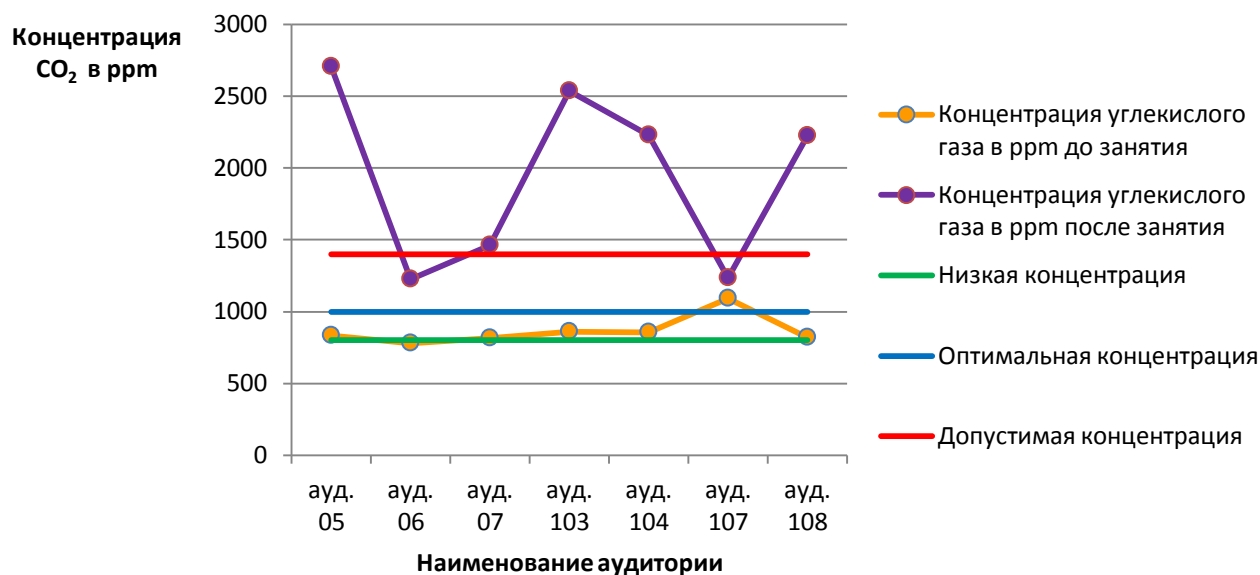


Рисунок 1. Сравнение экспериментальных и нормативных значений концентраций CO₂.

Из графика видно, что качество воздуха в аудиториях не соответствует нормам. Это обусловлено тем, что:

- окна в помещениях не предусматривают инфильтрацию воздуха, чем усугубляют работу систем вентиляции;
- существующая система естественной вентиляции не обеспечивает допустимого воздухообмена;
- кабинеты редко проветриваются.

Чтобы воздух в помещениях соответствовал нормам ПДК по CO₂ нужно:

1. Обеспечить постоянный приток свежего воздуха, который будет вытеснять CO₂ и обеспечит оптимальный воздухообмен в помещении.
2. Проверить работоспособность системы вытяжной вентиляции.
3. Установить компактную приточную систему с возможностью рециркуляции воздуха.

Список использованных источников:

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс] / Техэксперт. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>. – Дата доступа: 17.03.2019.
2. Нормы CO₂ [Электронный ресурс] / TION. Режим доступа: <https://tion.ru/blog/normy-co2/>. – Дата доступа: 17.03.2019.
3. Хрусталёв Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталёва – М.: Издательство АСВ, 2007. – 784 с.

Мешик К.О.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Северянин В.С., д.т.н, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Осмоз — это одностороннее проникновение растворителя через естественную или искусственную полупроницаемую мембрану в более концентрированный раствор [1].

Полупроницаемая мембрана представляет собой перегородку, имеющую совокупность мелких пор, которые одновременно способствуют просачиванию маленьких молекул и препятствуют прохождению больших. Явление осмоса основано на естественном стремлении более и менее концентрированных растворов к балансу их концентраций по обеим сторонам мембраны (рисунок 1) [2].

Осмотическое давление — это избыточное гидростатическое давление на раствор, отделённый от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану [3].



Рисунок 1. Принципиальная схема прямого осмотического процесса.

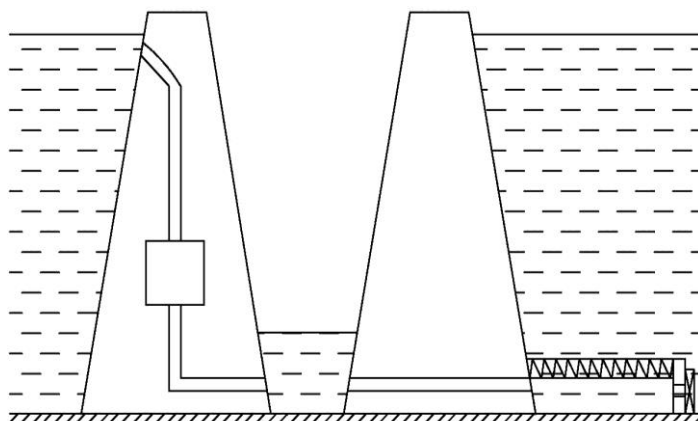


Рисунок 2. Гидротехническое сооружение.

Величина осмотического давления может быть определена исходя из закона Вант-Гоффа:

$$\pi = \frac{iCRT}{M},$$

где π — осмотическое давление, Па;

i — коэффициент Вант-Гоффа, который равен среднему суммарному числу частиц, образующихся при электролитической диссоциации $i = 1 + (n - 1) \cdot a$ (n — общее число ионов, образующихся при диссоциации одной молекулы, a — степень диссоциации растворенного вещества);

C — концентрация растворенного вещества, г/дм³;

R — универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К;

T — температура раствора, К;

M — масса 1 моля растворенного вещества, г.

Идея полезного применения осмоса с целью производства электрической энергии не является новой и находила своё воплощение в разработках Северянина В.С. [4, 5] (рисунок 2, 3).

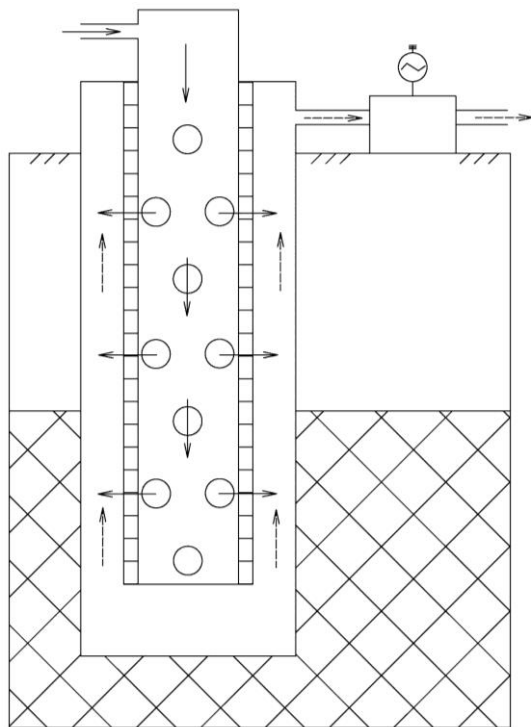


Рисунок 3. Осмотическая скважина.

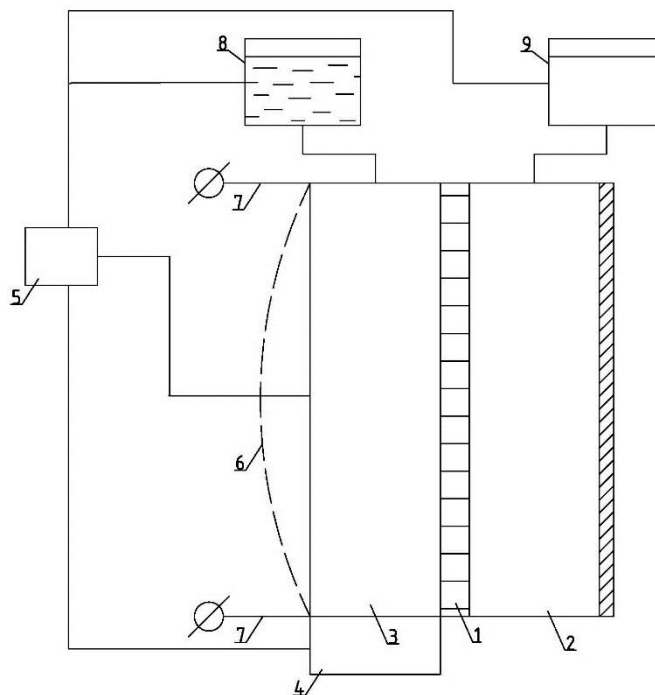


Рисунок 4. Пьезоэлектроосмотический элемент.

В данном исследовании с целью полезной утилизации осмотического давления предлагается к использованию пьезоэлектроосмотический элемент, основное назначение которого заключается в переводе механической энергии в электрическую благодаря протеканию прямого пьезоэффекта (см. рисунок 4, где цифрами обозначены 1 – полупроницаемая мембрана, 2 – пресная полость, 3 – солёная полость, 4 – сбросной отсек, 5 – блок автоматики, 6 – пьезомембрана, 7 – съём электроэнергии, 8 – ёмкость с солёной водой, 9 – ёмкость с пресной водой). Выработка электроэнергии происходит следующим образом: в полости 2 и 3 поступают жидкости из соответствующих ёмкостей 8 и 9, тем самым запуская осмотический процесс через полупроницаемую мембрану 1. Осмотическое давление постепенно возрастает, оказывая воздействие на стенки сосуда, что приводит к деформации пьезомембраны 6 из материала, податливого по отношению к данному процессу. Изменение формы пьезомембраны сопровождается протеканием прямого пьезоэффекта, в результате чего механическое воздействие продуцирует электрический заряд, съём которого производится через контакты 7. В момент прекращения осмотического процесса, о чём сигнализирует постоянство осмотического давления, блоком автоматики 5 производится удаление остаточных продуктов через сбросной отсек 4, сопровождающееся возвращением пьезомембраны в исходное положение. Для производства дальнейшей выработки цикл повторяется.

Преимущества:

- значительный экономико-эффективный эффект;
- высокая доступность растворов и растворителей;
- низкая стоимость комплектующих;

Недостатки:

- сложность конструкции;
- износ и необходимость замены применяемых компонентов;
- бесперебойная поставка жидкостей для постоянной работы.

Применение данных устройств имеет широкие перспективы в Беларуси в местах добычи соли, а также в прибрежных зонах различных стран, где солевой раствор изначально доступен в готовом виде.

Список использованных источников:

1. Ковалев С.В. Проточная установка для исследования диффузионной и осмотической проницаемости мембран / С.В. Ковалев [и т.д.] // Вестник Тамбовского университета. – 2009. – № 2. – С.478 – 481.
2. Княжев В.В. Ресурсы и способы преобразования энергии градиентов солености / В.В. Княжев // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2010. – № 3. – С. 131 – 138.
3. Труберг А.А. Прямой осмос и возможности его применения / А.А. Труберг [и т.д.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2010. – № 2. – С. 35 – 40.
4. Гидроэнергетическое сооружение: пат. 601347 СССР, М. Кл. Е 02 В 9/00 / В.С. Северянин, П.В. Шведовский; заявитель Брестский инженерно-строительный ин-т. – № 2356247/29-15; заявл. 10.05.76; опубл. 05.04.78 – бюл. № 13.
5. Северянин, В.С. Осмотическая скважина / В.С. Северянин [и др.] // Изобретатель. – 2014. – № 1. – С. 8.

Иванов В.А.

ВОЗДУХОВОДЫ АСПИРАЦИИ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Аспирация — это процесс удаления мелких частиц из-под технологического оборудования и рабочей зоны с помощью засасывания частиц потоком воздуха в воздухопровод системы аспирации, по которому частицы с потоком воздуха достигают места назначения (фильтра, отстойника и собираются в какую-либо тару).

Для устранения пылевыведений используются системы аспирации с разветвлённой сетью воздухопроводов и газоочистным оборудованием.

Воздуховоды систем аспирации (рис. 1) имеют широкое промышленное применение: их можно встретить на зерноперерабатывающих предприятиях и элеваторах, на деревообрабатывающих комбинатах и крупных промышленных объектах. Во всех случаях они служат очистительной системой, ведь аспирация отличается от вентиляции тем, что за счет направления потоков воздуха происходит отсос пыли, стружек и другого мусора из окружающей среды.

Чтобы система функционировала без сбоев, служила как можно дольше и чтобы увеличить срок эксплуатации воздухопроводов нужно учесть следующее:

1) Качество сырья.

Качество сырья играет определяющую роль. Если металл не соответствует требованиям, он начнет ржаветь, система будет давать сбои, что само по себе нарушает работу предприятия. Также металл должен соответствовать ГОСТам и воздухопровод и фасонные части должны быть выполнены из металла одной марки стали.



Рисунок 1. Воздуховод системы аспирации.

2) Толщина металла.

Выбранные изделия должны соответствовать техническим условиям. Толщина воздуховодов от 0,5 до 2 мм. Фасонные части на 1 мм толще. Воздуховоды должны быть толстостенными, так как по ним под давлением двигается не только пыль, но и мелкие частицы мусора.

3) Исполнение воздуховодов.

Прямые участки воздуховодов системы должны быть круглыми и иметь прямошовное исполнение, то есть сварочный шов, соединяющий стороны металлического листа, должен быть параллелен продольной оси участка воздуховода.

Монтаж воздуховодов

Следующим важным этапом будет монтаж воздуховодов. Здесь нужно также обратить внимание на определенные нюансы:

1) Соединение элементов.

Элементы воздуховодов соединяются между собой фланцами из уголка. Между ними прокладывают уплотнитель — резину, асбестовый шнур, картон и т. д. и в них высверливаются отверстия. На последнем этапе фланцы скрепляются болтовым соединением. Это необходимо делать для плотного соединения и во избежание появления ржавчины.

2) Установка фасонных частей и креплений.

Отводы воздуховодов имеют плавный радиус закругления, величина которого должна минимум в два раза превышать диаметр воздуховода. Ответвления воздуховодов в местах изменения направления трассы выполняются посредством тройников, отводов, штанов и других фасонных изделий, для удобства их очистки и осмотра необходимо устанавливать смотровые лючки.

3) Прокладка воздуховодов.

Прокладка воздуховодов должна осуществляться строго в соответствии с проектом, провисание отдельных участков должно быть исключено.

Эксплуатация воздуховодов аспирации:

1) Избежать оседания пыли на стенках.

Чтобы продлить срок жизни воздуховодов системы аспирации необходимо избежать оседания пыли на стенках. Для этого скорость воздушного потока внутри должна быть значительно выше, чем в системе вентиляции.

2) Использование мощных способов крепления.

Использование в системах аспирации воздуховодов из толстостенной стали, обязывает применять более мощные монтажные кронштейны, к которым прикрепляются хомуты.

3) Использовать бандажное соединение.

Для того чтобы сделать простоту обслуживания системы аспирации более простой, вместо фланцев для соединения воздухопроводов целесообразней использовать быстроразборные конструкции типа бандажное соединение.

4) Использование шиберов.

Вместо дроссель-клапанов для регуляции работы системы аспирации применяют шиберы.

5) Аппараты для грубой очистки.

В системах аспирации воздух с запыленностью более 1 г/ куб. м нуждается в грубой очистке, в случае если запыленность более 10 г/ куб. м — необходимо при проектировании заложить последовательно два разных аппарата для грубой очистки воздушного потока. Также, если в отработанном воздухе содержатся волокнистые частицы, опилки, слипающаяся пыль и так далее — обязательно нужно использовать пылевые мешки, которые располагаются максимально близко к местному отсосу, и бункерованные газоходы.

Список используемых источников:

1. [www.wikipedia.org/wiki/Аспирация_\(вентиляция\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Аспирация_(вентиляция))
2. www.studmed.ru/hrustalev-bm-kuvshinov-yuya-kopko-vm-teplosnabzhenie-i-ventilyaciya-kursovoe-i-diplomnoe-proektirovanie
3. www.neoclimat-zvi.ru

Пархомук И.П., Трембицкая А.А., Филюк Д.М.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА WILO С ПЧТ И БЕЗ НЕГО

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Сопин Ю.Ю. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Цель работы: ознакомление с устройством центробежного насоса, работой и правилами его эксплуатации. Испытание насоса и установление экспериментальной зависимости напора, мощности и КПД от подачи жидкости при постоянной угловой и переменной скорости вращения рабочего колеса. КПД насоса показывает, какая доля потребляемой мощности используется в насосе полезно. Остальная часть мощности затрачивается на преодоление следующих потерь:

- а) механических — на трение в подшипниках, сальниках и на трение вращающихся деталей о жидкость;
- б) объемных — на вредные перетоки через уплотнения из камеры нагнетания в камеру всасывания рабочего колеса, перетоки между ступенями и на утечки через гидравлическую пята;
- в) гидравлических — на преодоление гидравлических сопротивлений на всасывании, в рабочем колесе, на нагнетании и в направляющем аппарате.

В процессе эксплуатации часто возникает необходимость регулировать режим работы насоса — изменять величину его производительности. Это может достигаться

либо путем изменения характеристики сети (задвижкой или регулирующим клапаном на нагнетательной линии), либо путем изменения характеристики насоса (изменением числа оборотов или поворотом лопастей у осевых насосов).

На рисунке 1а графически показан первый способ регулирования производительности насоса. Здесь кривая KQ^2 изображает гидравлическую характеристику сети. На оси ординат эта кривая отсекает постоянный отрезок $H_0 + H_p$, соответствующий постоянной величине преодолеваемой насосом разности геометрических высот и разности давлений. Режим работы насоса всегда определяется точкой пересечения характеристик насоса и сети.

Для работы с производительностью Q_1 этой точкой является точка А. Если нужно изменить производительность насоса до Q_2 , то, создавая дополнительное сопротивление в напорном трубопроводе, делают гидравлическую характеристику сети более крутой, и она пересекает характеристику насоса в точке Б, соответствующей производительности Q_2 . Величина ΔH_d , показывает потерю напора на дросселированные в задвижке или регулирующем клапане. Этот способ регулирования неэкономичен, но часто применяется благодаря его простоте.

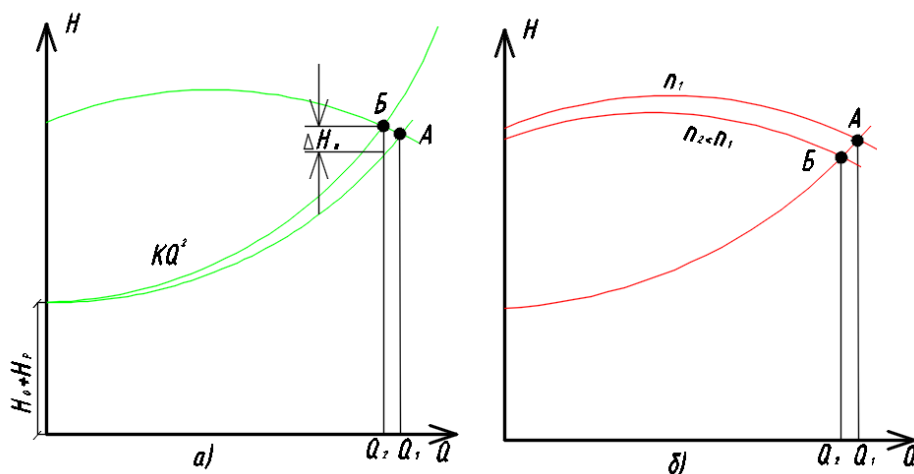


Рисунок 1. Характеристики насоса и сети.

Регулирование производительности насоса путем изменения числа оборотов показано на рис. 1б. От изменения числа оборотов характеристика насоса смещается и возникает новая точка пересечения с характеристикой сети, соответствующая производительности Q_2 . Этот способ регулирования весьма экономичен. Для его осуществления используются электродвигатели с двумя скоростями, гидромолоты или привод насоса от паровой турбины. Производительность насоса изменяется пропорционально числу оборотов, изменение напора пропорционально квадрату, а изменение мощности — кубу числа оборотов насоса.

Испытание насоса и установление экспериментальной зависимости напора, мощности

Проведем испытание насоса WILO TYP MHI 403-1/E/3-2-2G и установим экспериментальную зависимости напора, мощности и КПД от подачи жидкости при постоянной угловой и переменной скорости вращения рабочего колеса. Для каждого режима работы центробежного насоса определим:

подачу насоса:

$$Q = \frac{u}{t} \quad (1)$$

Скорость движения воды в нагнетательном партрубке, $d_H = 0,025$ м:

$$u_H = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_H} \quad (2)$$

Скорость движения воды в всасывающей партрубке, $d_H = 0,1$ м:

$$u_H = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_B} \quad (3)$$

Напор насоса, $z_H = 1,12$ м, $z_B = 0,35$ м:

$$H = \frac{P_H + P_B}{\rho \cdot g} + z_H - \frac{u_H^2 + u_B^2}{2 \cdot g} + z_B \quad (4)$$

Потребляемая электрическая мощность зависит от способа регулирования: регулируемый электропривод:

$$P_{рд} = \frac{H_{min} \cdot Q_{min}}{\eta_{нас} \cdot \eta_{дв}} \quad (5)$$

Дроссельное регулирование:

$$P_{рд} = \frac{(H_{min} + \Delta H_1) \cdot Q_{min}}{\eta_{нас} \cdot \eta_{дв}} = \frac{H_{min} \cdot Q_{min}}{\eta_{нас} \cdot \eta_{дв}} + \frac{\Delta H_1 \cdot Q_{min}}{\eta_{нас} \cdot \eta_{дв}} \quad (6)$$

Разница между (5) и (6) и есть мощность потерь ∇P при дроссельном регулировании по отношению к частотно-регулируемому электроприводу:

$$\Delta P = \frac{\Delta H_1 \cdot Q_{min}}{\eta_{нас} \cdot \eta_{дв}} \quad (7)$$

Результаты вычислений заносим в таблицы 1, 2.

Таблица 1 – Регулирование расхода с помощью шарового крана

| № | Расход Q, м ³ /с | P _{вых} , Па | P _{вх} , Па | N _{измер} , Вт | u _н , м/с | u _в , м/с | H, м | n, об/мин |
|---|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------|-----------|
| 1 | 0,000925 | 400000 | 6000 | 17,9 | 1,88535 | 0,117834 | 42,3368 | 3700 |
| 2 | 0,0004875 | 410000 | 6000 | 17,5 | 0,993631 | 0,062102 | 43,2258 | 3700 |
| 3 | 0,000333333 | 420000 | 4000 | 16,22 | 0,679406 | 0,042463 | 44,0146 | 3700 |
| 4 | 0,000265 | 430000 | 3000 | 15,09 | 0,540127 | 0,033758 | 44,9234 | 3700 |
| 5 | 0,000213 | 440000 | 0 | 14,2 | 0,43414 | 0,027134 | 45,6318 | 3700 |

Суть дроссельного регулирования — устранение избыточного напора, подаваемого в гидросистему, путем перераспределения напоров между гидросистемой и дросселирующим устройством (падение напора).

Суммарные потери на дросселирующих устройствах потребителя равны потерям в насосном агрегате при его дроссельном регулировании. Это обстоятельство следует учитывать при разработке мероприятий по энергосбережению.

Таблица 2 – Регулирование расхода с помощью частотного преобразователя

| № | Расход Q, м ³ /с | P _{вых} , Па | P _{вх} , Па | N _{измер} , Вт | u _н , м/с | u _в , м/с | H, м | n, об/мин |
|---|-----------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------|-----------|
| 1 | 0,000925 | 400000 | 6000 | 17,1 | 1,88535 | 0,117834 | 42,3368 | 3700 |
| 2 | 0,0004875 | 290000 | 6000 | 10,05 | 0,993631 | 0,062102 | 30,9934 | 3000 |
| 3 | 0,000333333 | 240000 | 4000 | 6,3 | 0,679406 | 0,042463 | 25,666 | 2800 |
| 4 | 0,000265 | 210000 | 3000 | 4,4 | 0,540127 | 0,033758 | 22,4973 | 2700 |
| 5 | 0,000213 | 190000 | 0 | 3,5 | 0,43414 | 0,027134 | 20,1476 | 2600 |

Построим характеристики центробежного насоса:

$$H = f(Q); N_{шар.кр} = f(Q); N_{част.} = f(Q).$$

Для построения характеристик на график нанесем точки, соответствующие исследованным режимам работы насоса, и по этим точкам проведем усредненные кривые. Таким образом, применение регулируемого электропривода является

эффективным энергосберегающим мероприятием при переменном расходе воды в гидросистеме, а также во всех случаях, когда напор насоса превышает требуемую величину.

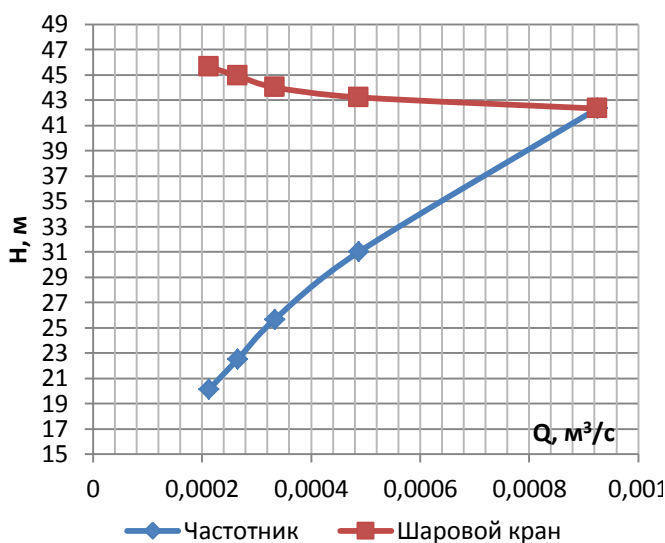


Рисунок 2. Зависимость $H_{шар.кр}, H_{част.} = f(Q)$.

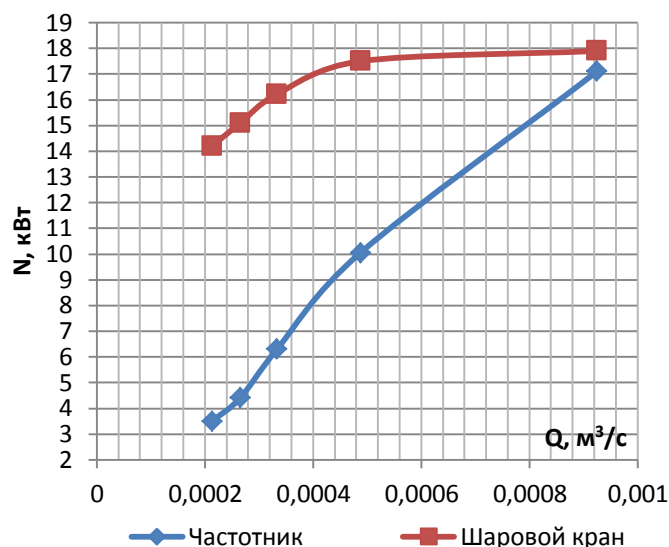


Рисунок 3. Зависимость $N_{шар.кр}, N_{част.} = f(Q)$.

Регулирование дросселированием связано с дополнительными потерями энергии в задвижке и поэтому неэкономично. Однако этот способ регулирования весьма прост, вследствие чего он получил наибольшее распространение.

Гладун Ю.А., Табола Д.В.

СЧЕТЧИКИ ГАЗА: МЕМБРАННЫЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Сальникова С.Р. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В целях стимулирования экономии и рационального использования газа рекомендуется установка приборов учета расхода газа.

Установка счетчика газа позволяет существенно сэкономить денежные средства на оплате за потребленный газ. В первую очередь, это связано с тем, что оплата происходит исключительно только за тот объем газа, который на самом деле использовали. Также необходимо отметить тот факт, что появляется прекрасная возможность за счет такого несложного оборудования контролировать свои расходы.

Предлагаем рассмотреть два вида счетчиков газа.

Мембранный счетчик. Самый распространённый тип счётчика газа. Первый патент на прибор такого типа был получен в Англии в 1844 году. Счётчик механического типа. Принцип действия основан на перемещении подвижных мембран камер при поступлении газа в прибор. Впуск и выпуск газа вызывает попеременное перемещение мембран и через комплекс рычагов и редуктор приводит

в действие счётный механизм. Счётчики этого типа применяются для максимальных расходов $Q_{\text{макс}}$ от 2,5 до 100 м³/ч. Эти счётчики отличаются широким диапазоном измерения до 1:100.

Мембранные газовые счетчики распространены благодаря невысокой цене и простоты конструкции в процессе эксплуатации. Несмотря на это, стоит отметить, что технология уже давно не является надежной, так как существуют способы обмана и остановки такого вида счетчиков, а также самопроизвольной накрутки показаний. Счетчики мембранного типа — механические, соответственно подвижные части устройства со временем начинают скрипеть. Счетчики могут выйти из строя по причине воздействия на них магнитных полей, существуют вполне конкретные способы исказить измеряемые данные.

Достоинства:

- широкий диапазон измерения;
- большой межповерочный интервал — до 10 лет;
- возможность автономной работы.

Недостатки:

- крупные габариты, особенно для счётчиков на большие расходы;
- невысокое максимальное давление измеряемого газа;
- чувствительность к механическому загрязнению измеряемой среды.

Ультразвуковой счетчик. Данный вид счетчиков на сегодняшний день нельзя назвать общеизвестным, но он имеет большой потенциал в распространении повсеместно. В конструкции прибора используют пьезокерамические преобразователи, что позволяет достигнуть значительных преимуществ по сравнению со всеми существующими аналогами. Подобные газовые счетчики в квартире позволяют добиться высочайшей точности измерения с минимальной погрешностью. Отсутствие движущихся частей внутри прибора делает счетчик надежным и независимым от степени загрязненности измеряемой среды на протяжении длительного эксплуатационного периода (не менее 16 лет).

Принцип действия такого счетчика заключается в том, что ультразвук, пускаемый по ходу движения газа, и ультразвук, пускаемый против хода потока газа, имеют разницу скорости движения, которая пропорциональна скорости движения газа. Сравнивая их, получают скорость потока и, соответственно, расход и объём прошедшего газа. Самые простые и недорогие приборы такого типа небольших диаметров имеют одну пару ультразвуковых излучателей, расположенных друг напротив друга по оси прибора или на противоположных стенках под углом к потоку. Или, как вариант, на одной стенке. В этом случае ультразвуковая волна от одного излучателя отражается от противоположной стенки и попадает на второй, парный. И наоборот, от второго к первому. Также в прибор встраивается температурный датчик для приведения измеряемой среды к стандартным условиям. Некоторые приборы могут содержать энергонезависимую память и позволяют хранить данные о расходе за несколько месяцев. Единственный недостаток такого счетчика заключается в высокой цене на низкие типоразмеры, таким образом, не каждый потребитель может позволить себе установить такой счетчик в квартиру. Обусловлено это тем, что стоимость производства счетчиков такого уровня выше, чем стоимость бытовых счетчиков, представленных на рынке.

Достоинства:

- компактные размеры;
- точность;
- простота монтажа;

- надежность;
- широкий диапазон измерения;
- высокое максимальное давление измеряемого газа до 100 кПа;

Недостаток: относительно высокая стоимость для типоразмеров G1,6 и G2,5.

Список использованных источников:

1. <http://schetgaza.ru/pro-gaz/sravnenie-tipov-gazovyx-schetchikov/>
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%87%D1%91%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA_%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%B0#cite_note-RMG-2
3. <http://belomo.by/catalog/jenergoberegajuwie-izdelija/bs1>

Игнатюк Е.В., Ковальчук А.В.

СТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-14. Научный руководитель: Нововсельцев В.Г., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Что такое статическое давление системы отопления, знает каждый студент факультета инженерных систем и экологии. Большинство же владельцев частных домов самостоятельно обслуживающих автономную систему отопления, задаются частым вопросом: «Что такое статическое давление в системе отопления, и каковы причины его отклонения от нормы?». Ответ на данный вопрос и будет темой публикации. Выделяют два вида давления:

- статическое;
- динамическое.

Статическое давление системы отопления создаётся под воздействием силы притяжения. Вода под собственным весом, давит на стенки системы с силой пропорциональной высоте, на которую она поднимается. На высоте 10 метров этот показатель равен одной атмосфере. В статических системах не задействуют нагнетатели потока, и теплоноситель циркулирует по трубам и радиаторам самотеком. Это открытые системы. Максимальное давление в открытой системе отопления составляет около 1,5 атмосферы.

Динамическое давление в закрытой системе отопления создается искусственным повышением скорости потока теплоносителя при помощи электрического насоса. Например, если речь идет о многоэтажках, или крупных магистралях. Хотя, теперь даже в частных домах при монтаже отопления используют насосы. Каждая из систем отопления имеет свой допустимый предел прочности. Иными словами, может выдержать разную нагрузку.

Давление в открытой системе отопления. В отличие от закрытого теплового контура правильно построенная открытая отопительная система не требует балансировки с годами эксплуатации — она саморегулируемая. Работа котла и статическое давление обеспечивают постоянную циркуляцию воды в системе. Плотность нагретой воды, следующей по подающему стояку, ниже плотности

охлажденного теплоносителя. Горячая вода стремится занять максимально высокую точку контура, а охлажденная — оказаться в самом его низу.

Давление, развиваемое столбом воды в подающем стояке, способствует циркуляции теплоносителя и компенсирует сопротивление, имеющееся в трубопроводе контура. Его вызывает трение воды о внутреннюю поверхность труб, а также местные сопротивления (повороты и ответвления трубопровода, котел, арматура). Кстати, трубы повышенного диаметра используются для сборки открытой отопительной системы именно с целью снижения трения.

Чтобы понять, как повысить давление в открытой системе отопления, нужно сначала понять принцип достижения циркуляционного напора в тепловом контуре.

Формула для расчета:

$$P_{ц} = h \cdot (\rho_o - \rho_r), \text{ Па}$$

где $P_{ц}$ — напор циркуляционный;

h — вертикальная дистанция между центрами котла и нижнего отопительного радиатора;

ρ_r — плотность прогретого теплоносителя;

ρ_o — плотность охлажденного теплоносителя.

Статическое давление будет выше, если расстояние между центральными осями котла и ближайшей к нему батареи будет как можно более значительным. Соответственно, интенсивность циркуляции теплоносителя окажется выше. Чтобы достичь максимально возможного давления в отопительном контуре, необходимо опустить котел максимально низко. Таким местом является подвал. Не все здания имеют такой технический этаж.

Вторая причина падения давления в открытой системе отопления связана с ее саморегуляцией. При изменении температуры нагрева теплоносителя меняется интенсивность его расхода. Повышая нагрев воды для теплового контура в холодные зимние дни, хозяева резко снижают ее плотность. Однако при прохождении через отопительные радиаторы, вода отдает тепло комнатной атмосфере, при этом ее плотность увеличивается. А по формуле, представленной выше, высокая разность плотностей горячей и охлажденной воды способствует наращиванию циркуляционного напора. Чем сильнее прогреет теплоноситель и чем холоднее в помещениях дома, тем более высоким будет давление в системе. Однако после того как атмосфера помещений прогреется и теплоотдача радиаторов снизится, давление в открытой системе упадет — сократится разница между температурой воды на подаче и на «обратке».

Балансировка двухконтурной открытой теплосистемы. Гравитационные отопительные системы выполняются с одним или несколькими контурами. При этом протяженность каждого закольцованного трубопровода по горизонтали не должна превышать 30 м. Но для достижения оптимального давления и напора в открытой системе с естественным движением теплоносителя лучше выполнять трубопроводы еще короче — менее 25 м. Тогда воде будет проще бороться с гидравлическим сопротивлением. В контуре с несколькими кольцами, помимо ограничения длины, следует соблюдать условие для отопительных радиаторов — число секций во всех кольцах должно быть примерно равным.

Балансировка горизонтальных колец, входящих в вертикальный контур, требуется на этапе проектирования отопительной системы. Если гидравлическое сопротивление какого-либо кольца окажется выше, чем у остальных — статического давления в нем будет недостаточно и напор практически прекратится. Чтобы поддерживать необходимое давление в двухконтурной отопительной системе,

требуется уменьшить сечение труб на подходе к радиаторам. Можно также установить перед радиаторами вентили, выполняющие терморегуляцию.

Сбалансировать двухконтурную систему открытого типа можно:

- **Вручную**

Запускаем систему отопления, следом меряем температуру атмосферы каждого отапливаемого помещения. Где она выше — прикручиваем вентиль, где ниже — раскручиваем. Чтобы настроить тепловой баланс, придется выполнить температурные замеры и регулировку вентиляей несколько раз;

- **Используя термостатические вентили**

Балансировка происходит практически самостоятельно, нужно только выставить желаемую температуру в каждой комнате на рукоятках вентиляей. Каждый такой прибор будет управлять подачей теплоносителя в радиатор сам, увеличивая или уменьшая подачу теплоносителя.

Особенно важно, чтобы величина общего гидравлического сопротивления отопительной системы (всех колец в составе контуров) не оказалась выше значения циркуляционного напора. Иначе прогрев теплоносителя и попытки балансировки системы не улучшат циркуляцию. Циркуляционный насос для открытой теплосистемы. Случается, что меры по балансировке отопительного контура гравитационной системы эффекта не дают. Не все причины низкого давления решаются настройкой — выбор неверного диаметра труб не исправить без полной реконструкции контура. Тогда, чтобы повысить давление и улучшить движение воды без значительной переделки отопления, в систему монтируется циркуляционный насос или повышающее насосное устройство. Единственное, что потребует его установка — перенос расширительного бачка или его замена на мембранный расширительный бак.

Энергопотребление циркуляционных насосов не превышает 100 Вт. Поэтому опасаться, что он вытолкнет теплоноситель из контура, не нужно. Объем воды в отопительной системе более-менее постоянен, при условии контроля за наполнением открытого контура. Поэтому сколько бы воды циркуляционный насос не протолкнул по контуру перед собой, столько же поступит в него с обратной трубы. Доводя давление в тепловой системе до необходимого, насос позволит удлинить ее, сократить диаметр трубопровода и достичь баланса контура при высоком гидравлическом сопротивлении.

Таким образом грамотно сбалансированная отопительная система будет выполнять свои функции несколько лет. Но однажды изменятся характеристики теплоносителя или выйдут из строя ответственные элементы теплового контура. Поэтому слежение за показателями теплоносителя по манометрам необходимо вести постоянно, чтобы своевременно реагировать на перепады давления.

Для обогрева любого дома нужна полностью исправная система отопления. Но эффективность ее работы значительно зависит от того, соблюдается ли нормальное давление в системе отопления. Если давление повышается или снижается, то эффективность отопления частного дома в разы уменьшается.

В современном строительстве такие методы практически не применяются, даже при монтаже автономных контуров загородных домов. Это связано с тем, что для такой схемы циркуляции надо применять трубы с большим диаметром. Это не эстетично и дорого.

Иванов В.А.

ПРОГРАММЫ ПОДБОРА ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13 Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

AlfaSelect© Designer — это полная версия программы для проектных организаций по подбору пластинчатых теплообменников и блочных ИТП. Программа позволяет получить подробную информацию, включая спецификацию на русском языке и чертеж.

The screenshot shows the AlfaSelect Designer software interface. The top menu bar includes 'File', 'Liq.Liq', '2-phase', 'Evap', 'Cond', 'Selection', 'Mass flow', and 'S/S'. The parameter input section on the left includes: Capacity: 100.0 [kW], Margin: 0.00 %, In temp: 100.0 [°C], Out temp: 63.0 [°C], Flow: 0.6454 [kg/s], Max pr. drop: 100.0 [kPa], and a fluid selection dropdown set to 'Water'. A 3D model of a heat exchanger is shown in the center, with temperature labels: 100.0, 80.0, 63.0, and 60.0. Below the model are buttons for 'Picture', 'In/Outlets', and 'Temp. profile'. On the right, there are dropdowns for 'All Products', 'PED', and 'Hot inlet: S4'. The bottom section contains a 'Results' table and an 'Order / Quotation Specification' section.

| Description | kW | % | kPa | kPa | Lead t | EUR | Note |
|-------------|-------|------|--------|-------|--------|-----|------|
| CB52-40H | 100.0 | 15.0 | 14.46 | 41.94 | 708 | | |
| CB20-80H | 100.0 | 14.0 | 11.95 | 36.22 | 742 | | |
| CB27-70H | 100.0 | 4.00 | 20.12 | 60.15 | 903 | | |
| CB76-30H | 100.0 | 7.00 | 3.436 | 9.835 | 1323 | | |
| CB77-30H | 100.0 | 7.00 | 3.436 | 9.672 | 1369 | | |
| CB76-30M | 100.0 | 9.00 | 7.825 | 22.63 | 1591 | | |
| CB100-60M | 100.0 | 21.0 | 0.6312 | 1.823 | 2609 | | |
| CB200-30H | 100.0 | 73.0 | 2.364 | 6.806 | 2926 | | |
| CBH200-30M | 100.0 | 13.0 | 0.7764 | 2.050 | 3330 | | |
| CB300-30M | 100.0 | 48.0 | 1.014 | 1.027 | 4321 | | |

Рисунок 1. Параметры теплоносителя (воды).

The screenshot shows the detailed selection parameters in AlfaSelect Designer. The 'Duty conditions' section includes: Power: 1416 kW, Fluid: Rapeseed oil, Flow: 100000 kg/h, Inlet temp: 95.0 °C, Outlet temp: 70.0 °C, CoCurrent: unchecked, Fluid concentration: 30.0%, Fluid: 30.0% Eth glyco, Flow: 48960 kg/h, LMTD: 66.5 K. The 'Options' section includes: Fouling: 0.000 m²K/W, Minimum gap: mm, Min shear rate: units, Test Pressure Ratio: No side, MDMT: Operating, Design temp: Side 1 (0.0 to 95.0 °C), Side 2 (0.0 to 30.0 °C), Design pressure: 5.000 barg, Max port velocity: m/s, Inlet conn diam: mm, Outlet conn diam: mm, No. of inlet/outlet conns: mm, Fluid Danger: dropdown, Edit mode: unchecked.

Рисунок 2. Параметры подбора.

«НХП Теплообменник» — программа подбора теплообменного оборудования из базы данных Российских производителей, автоматизирует работу технолога на основе собственных методик и рекомендаций заводов производителей, может быть использована в работе начинающему специалисту для реализации сложных проектов. При подборе теплообменного оборудования решается актуальная задача — уменьшение массы теплообменных аппаратов, с одной стороны, и эксплуатационных затрат с другой.

Автоматизированный подбор аппаратов:

- Выбор наиболее подходящих типов теплообменных аппаратов;
- Автоматизация выбора за счет использования фильтров, сужающих поиск. Элементы интерфейса программы, позволяющие формировать нужный список с заданными параметрами;
- Получение уточненных данных за счет автоматического выполнения дополнительных расчетов: гидравлический с учетом шероховатости стенок труб, проверочный, расчет массы аппарата, заполненного водой (гидроиспытания), определение режимов течения рабочей среды, использование при расчетах индексов противоточности;
- Возможность подбора типа теплообменного оборудования с учетом ограничивающих факторов (стесненные условия монтажа, наличие существующих фундаментов и т.п.);
- Автоматический подбор типа теплообменного оборудования на основании климатических условий района строительства.

Типы аппаратов: подогреватели, охладители, конденсаторы, испарители.

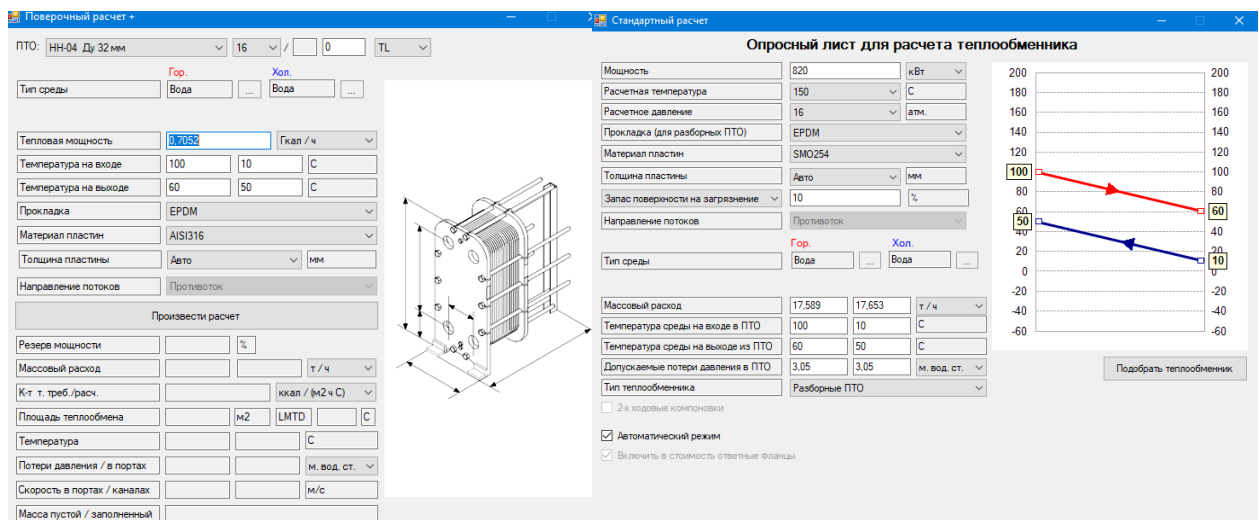


Рисунок 3. Поверочный и стандартный расчёты.

Расчётная программа “Ридан” позволяет производить подбор и расчёт теплообменного оборудования. Описание возможностей данной программы:

- Стандартный расчёт (подбор пластинчатого теплообменника по наиболее напряженным тепло-гидравлическим условиям работы).
- Поверочный расчёт (определение тепло-гидравлических характеристик выбранного пластинчатого теплообменника на заданном режиме).
- Поверочный расчёт по нагрузке (определение тепло-гидравлических характеристик выбранного пластинчатого теплообменника по новой нагрузке).
- Двух-ст смешанная система ГВС (подбор пластинчатых теплообменников для отдельных ступеней 2-х ступенчатой смешанной схемы ГВС; подбор моноблока для 2-х ступенчатой смешанной схемы ГВС; подбор теплообменника для схемы ГВС с заниженной обратной теплоносителя).
- Конденсация (подбор пластинчатого теплообменника по наиболее напряженным тепло-гидравлическим условиям работы в условиях конденсации).
- Редактор сред (создание и редактирование пользовательских сред).

Нехаст — надёжная и экономящая время программа подбора теплообменников для систем охлаждения, кондиционирования и районных систем коммунального

хозяйства. Независимо от того, касается это chillera, теплонасосной установки или бытовой системы горячего водоснабжения, новая программа Nexact обеспечит подбор необходимого теплообменника, причем обязательно из ассортимента новейшего имеющегося оборудования, а функциональные возможности программы всегда будут у вас под рукой.

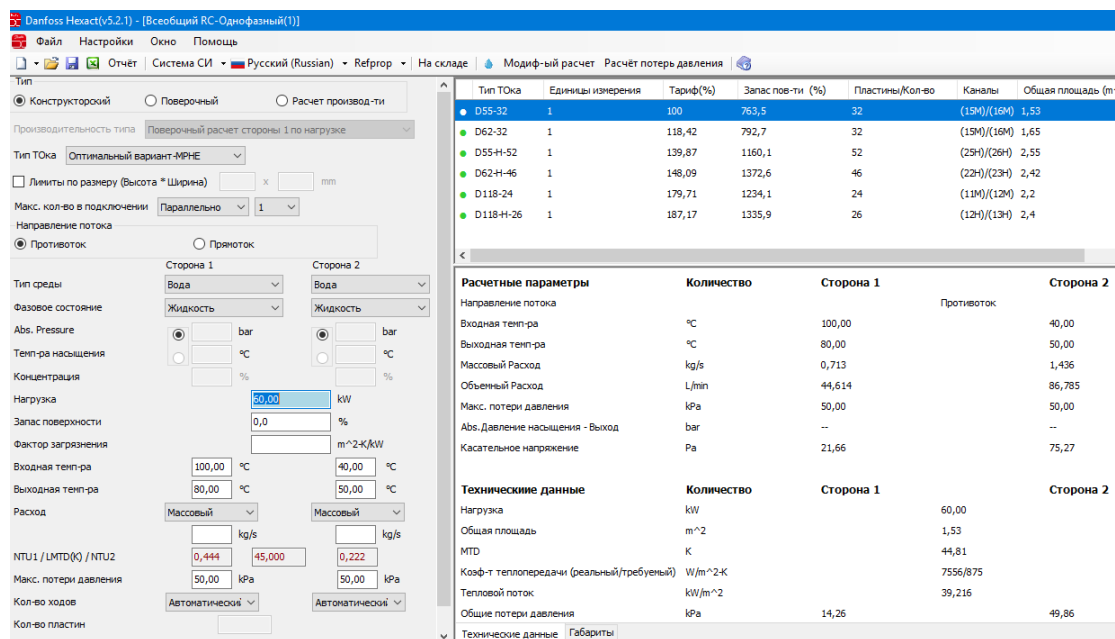


Рисунок 4. Данные для подбора.

Вывод: данные программы позволяют подобрать теплообменное оборудование исходя из расчётных параметров. В программах удобное пользовательское меню, расчёт теплообменного оборудования производится с высокой точностью, подбираются соответствующие чертежи. Программы экономичны, просты и эффективны.

Список используемых источников:

1. www.soft.ru/soft/programs
2. www.teplotex.ru/kalkulator-rascheta-teploobmennika-online
www.danfoss.com
3. www.soft.abok.ru/other/AlfaSelect

Курись А.Г, Антонович А.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕЛИОУСТАНОВКИ «ЛУЧ» И ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Янчилин П.Ф. м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Наиболее перспективным в ближайшее время направлением использования солнечной энергии является подогрев воды в системах отопления и горячего водоснабжения. Значительный потенциал энергосбережения в данной области связан

с тем, что на нужды теплоснабжения сегодня приходится около половины от всего объема потребления ТЭР в Беларуси. Реализованные в РБ проекты по применению гелиоводонагревателей на базе отечественных разработок показывают, что использование солнечных коллекторов эффективно не только в регионах с теплым климатом, но и в районах с низкими температурами и невысокими значениями солнечной радиации.

На сегодняшний день существует множество различных конструкций для улавливания энергии Солнца. Солнечные нагревательные установки по принципу улавливания солнечной энергии делятся на два типа:

- гелиоколлекторы — представляют собой лёгкие, компактные конструкции, собираемые по модульному принципу. Основой является плёочно-трубочный адсорбирующий коллектор. В зависимости от конкретных условий можно получить установку любой производительности;
- гелиоконцентраторы — представляют собой установки, фокусирующие параллельные солнечные лучи с помощью линзы в одной точке для выработки электричества или тепла. По причине дороговизны и сложности изготовления огромных линз, используют массивы вогнутых зеркал (классические зеркальные панели или листы полированного алюминия).

В научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ разработана под руководством профессора, д.т.н. Северянина Виталия Степановича гелиоустановка «ЛУЧ». Основными особенностями этой установки являются расщепление параболоида вращения на отдельные конусы и состоящий из них гелиоконцентратор (в виде группы концентрических конусов, имеющих общий фокус на теплоприёмнике), и ориентирование на Солнце механизмом слежения.

Целью технико-экономической оценки является сравнение технических параметров предлагаемой и известных гелиоустройств (таблица 1). Так как разработанная гелиоустановка «ЛУЧ» предназначена для «небольших» потребителей теплоты, то сравнивать её будем с аналогичными известными серийно выпускаемыми устройствами — плоскими солнечными коллекторами.

У всех различных производителей гелиооборудования подбор и расчёт необходимого количества солнечных коллекторов зависит от нужд потребителя (отопление, ГВС) и количества самих потребителей (человек).

Таблица 1 – Технико-экономическая оценка различных гелиоустройств

| Тип солнечного коллектора | Гелиоустановка «ЛУЧ» | Плоский КСЭ |
|--|------------------------|--------------|
| Система слежения за Солнцем | Вращение вокруг 2 осей | Не требуется |
| Эффективность использования прямого СИ | 1 | 0,67 |
| Эффективность использования рассеянного СИ | 0,1 | 0,7 |
| Рабочая температура теплоносителя | 50-130 | 30-70 |

Для примера взяли стандартный набор от фирмы Meibes (Каталог продукции Meibes 2016 г.) предназначенного для приготовления санитарной горячей воды в частном доме для семьи из 4-6 человек за счёт солнечной энергии посредством плоских коллекторов. Данный пакет необходимо включить в состав котельной в качестве узла приготовления горячей воды на основе ёмкостного водонагревателя. Исходя из этого можно сделать вывод, что разработанная гелиоустановка «ЛУЧ-3» с площадью апертуры 4,9 м² аналогична площади 5,02 м² плоских коллекторов и, соответственно, схожа по теплопроизводительности.

В таблице 2 вы можете увидеть среднегодовой уровень солнечного излучения на горизонтальную поверхность площадью 1 м² в день (средний показатель за последние 22 года по данным NASA) [1].

Таблица 2 – Средний месячный уровень дневной солнечной радиации на горизонтальную площадку в Бресте и Брестской области, кВт·ч/м²/день

| Город/ Месяцы | январь | февраль | март | апрель | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | декабрь | Средн. знач. |
|------------------|--------|---------|------|--------|------|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Брест | 0,88 | 1,61 | 2,69 | 3,80 | 5,00 | 4,97 | 4,78 | 4,34 | 2,86 | 1,65 | 0,87 | 0,68 | 2,85 |

Зная среднегодовой уровень солнечного излучения на 1 м² в день на территории Бреста и Брестской области и полезную площадь солнечной нагревательной установки можно вычислить примерную полученную мощность. Например гелиоустановка «Луч» с диаметром концентратора 2,5 м (соответственно площадью 4,9 м²) будет вырабатывать в среднем в день:

- при круглогодичной работе:

$$1 \cdot 4,9 \text{ м}^2 \cdot 2,85 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{день} / \text{м}^2 = 13,97 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \text{ в день};$$

- при сезонной работе (с марта по сентябрь):

$$1 \cdot 4,9 \text{ м}^2 \cdot 4,06 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{день} / \text{м}^2 = 19,89 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \text{ в день}.$$

Теперь, зная среднюю получаемую мощность $Q = 13,97$ кВт·ч за один день можно определить какое количество воды M мы нагреем от 50°C до 130°C (разница составит $\delta T = 80^\circ\text{C}$, теплоёмкость воды c равна 4,19 кДж/(кг·с)):

$$M = \frac{Q}{c \cdot \delta T} = \frac{13,97 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 80^\circ\text{C}} = \frac{13,97 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 3600 \text{ с}}{4,19 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 80^\circ\text{C}} = \frac{50292 \text{ Дж}}{335,2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 150,03, \text{ кг} \quad (1)$$

Аналогичные вычисления проводим и для плоского коллектора:

Плоский коллектор площадью 5,02 м² будет вырабатывать в среднем в день:

- при круглогодичной работе — $0,67 \cdot 5,02 \text{ м}^2 \cdot 2,85 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{день} / \text{м}^2 = 9,59 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ в день;

- при сезонной работе (с марта по сентябрь) — $0,67 \cdot 5,02 \text{ м}^2 \cdot 4,06 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{день} / \text{м}^2 = 13,65 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ в день.

Теперь, зная среднюю получаемую мощность $Q = 14,30$ кВт·ч за один день можно определить какое количество воды M мы нагреем от 30°C до 70°C (разница составит $\delta T = 40^\circ\text{C}$, теплоёмкость воды c равна 4,19 кДж/(кг·с)):

$$M = \frac{Q}{c \cdot \delta T} = \frac{14,30 \text{ кВт} \cdot \text{ч}}{4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 40^\circ\text{C}} = \frac{9,59 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 3600 \text{ с}}{4,19 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 40^\circ\text{C}} = \frac{34524 \text{ Дж}}{167,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 205,99, \text{ кг} \quad (2)$$

Данное значение среднее, летом нагреваем больше, а зимой — меньше. Нужно учесть, что в расчётах был принят средний месячный уровень солнечной радиации на горизонтальную площадку. Т.к. гелиоустановка «Луч» имеет систему ориентации на Солнце, т.е. концентратор всегда нормально расположен к световому потоку, то приход радиации увеличивается.

Список используемых источников:

1. «О перспективах развития солнечной энергетики в Республике Беларусь». В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин // Перспективы инновационного развития Республики Беларусь сборник научных статей Международной научной конференции, Брест, БрГТУ, 19-21 мая 2011 г. — с.164-167.

2. <http://atmosferabel.by/>
3. <http://www.eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/>
4. Особенности расчёта оптической системы гелиоустановки «Луч». Северянин В.С. Янчилин П.Ф. // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 74–77.

Мешик К.О., Жигало П.Ю.

ВЛИЯНИЕ ПЛАНИРОВКИ ГОРОДОВ НА СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ АТМОСФЕРЫ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В городской среде существенную роль играет благоприятность и комфорт условий обитания и производственной деятельности человека, выражающиеся своей разностепенностью в зависимости от интенсивности влияния природных и антропогенных факторов в рамках урбанизированной территории, а также их взаимодействию, что является одним из основных критериев формирования комплекса климатообразующих факторов и определяющим звеном такого понятия, как качество среды [1].

В городской среде присутствуют следующие проблемы, как вызываемые или обостряемые различными климатообразующими факторами, так и вызываемые высокой степенью антропогенизации [2]:

- колоссальное антропогенное воздействие на природную среду;
- практически полная трансформация естественных ландшафтов;
- многофакторные экологические проблемы и нарушения качества жизни людей (загрязнения от промышленных предприятий, теплоэнергетического комплекса, автомобильного транспорта).
- химическое, физическое и биологическое загрязнение атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, растительного покрова и почв;
- природно-техногенные негативные воздействия на геологическую среду (подтопления, карстово-суффозионные провалы, техногенные физические поля);
- тепловое загрязнение, которое образуется как под действием солнечной радиации, нагревающей внешние ограждающие конструкции зданий, дорожных покрытий и других поверхностей, которые отражают данное тепло в воздушную среду, так и в результате работы промышленного, теплоэнергетического комплекса в пределах городской среды, которые выбрасывают в атмосферу огромное количество тепловыделений, несущих негативный экологический эффект, что создаёт некомфортные условия для проживания людей.

Так как воздушная среда выполняет транспортировочную функцию для различных загрязнителей, решение подобного рода проблем может производиться следующим образом:

- локализация загрязнителей в пределах источника загрязнения (создание промышленных зон, безопасных зон, зон озеленения и т.д.);
- минимизация или устранение загрязнителей (экологизация производств, замена многих материалов экологическими аналогами и т.д.);
- эффективный воздухообмен в пределах городского пространства.

Реализация последнего может обеспечивать удаление излишков тепловыделений ограждающих конструкций жилых домов, тепловых выбросов промышленных предприятий, теплоэнергетических объектов с поддержанием всех необходимых условий комфортной жизнедеятельности человека. Современные тенденции градостроительства подчёркивают необходимость введения эффективных решений по нормализации воздухораспределения в ткани города. Одними из основополагающих особенностей данных тенденций являются [3] (рисунки 1, 2, 3):

- увеличение плотности застройки (ухудшает свободное прохождение воздушных масс по урбанизированной территории);
- увеличение высотности зданий (ослабляет ветровое давление);
- минимизация ширины уличных пространств (при высокой плотности застройки сопровождается образованием воздушно-застойных зон).

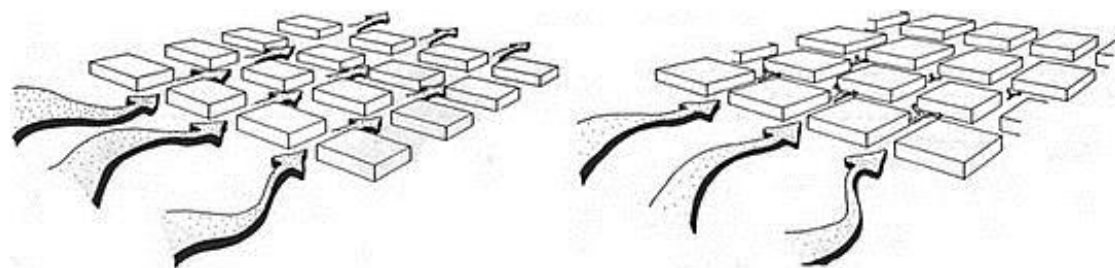


Рисунок 1. Управление ветром приёмами застройки.



Рисунок 2. Плотная застройка с применением высотных зданий (Гонконг, Китай).

Решение подобной проблемы может производиться в рамках градостроительного подхода, основными принципами которого являются:

- планировка зданий согласно преобладающему направлению ветра;
- создание и поддержание зелёных зон как в пределах городского пространства, так и за его пределами с учётом располагаемых объектов и преобладающего направления ветра (рисунок 4);
- создание кольцевых автомобильных магистралей, находящихся на равноудалённом расстоянии от жилого сектора, культурных и парковых зон.



Рисунок 3. Плотная застройка с применением низких зданий (Рио-де-Жанейро, Бразилия).

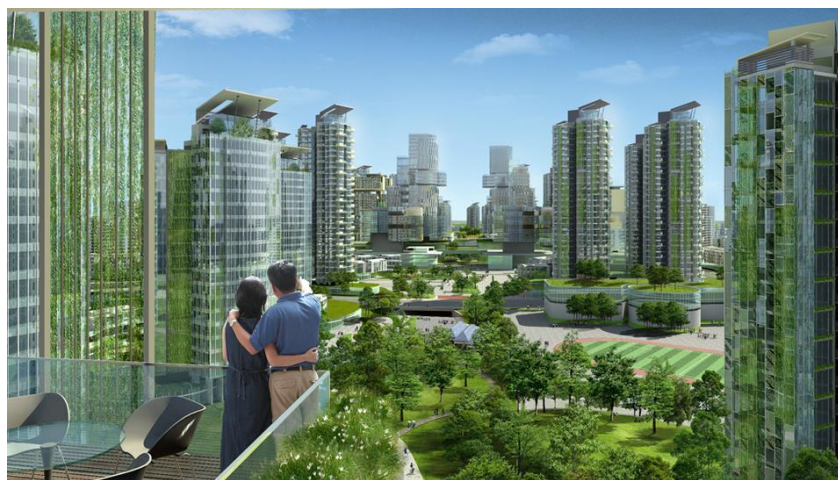


Рисунок 4. Проект «Тяньцзинь эко-сити» (Тяньцзинь, Китай).

Список используемых источников:

1. Андреев, С.С. Оценка климатической комфортности прибрежной территории на примере города Туапсе / С. С. Андреев, Е. С. Попова // Вестник СПбГУ. – 2015. – №4. – С. 145–150.
2. Хомич, В.А. Экология городской среды: Учеб. пособие для вузов. / В.А. Хомич. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 267 с. Головин, А.А. Перспективы систем управления зданиями / А.А. Головин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 6. – С. 394-399.
3. Мурад, Д. Биоклиматическая архитектура: обзор опыта создания внешнего комфорта городской среды в условиях сухого и жаркого климата / Д. Мурад // Известия КГАСУ. – 2015. – №3. – С. 13–23.

Иванов В.А.

ОСОБЕННОСТИ МОРСКОЙ ДОБЫЧИ ГАЗА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-13. Научный руководитель: Сопин Ю.Ю. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Месторождения природного газа находятся не только на суше. Существуют морские месторождения — нефть и газ иногда встречаются в недрах, скрытых водой.



Рисунок 1. Буровые установки.

Геологи исследуют как сушу, так и акватории морей и океанов. Если месторождение находят близко к берегу — в прибрежной зоне, то с суши в сторону моря строят наклонные разведочные скважины. Шельфом называют подводную окраину материка с таким же геологическим строением, как у суши, и границей его является бровка — резкий перепад глубины. Для таких месторождений используют плавучие платформы и буровые установки, а если глубина небольшая — просто высокие сваи, с которых ведется бурение.

Для добычи углеводородов на морских месторождениях существуют плавучие буровые установки (рис. 1) — специальные платформы — в основном трех видов: гравитационного типа, полупогружные и самоподъемные.

Самоподъемные платформы (рис. 2) представляют собой плавучие понтоны, в центре которых установлена буровая вышка, а по углам — колонны-опоры. На месте бурения колонны опускаются на дно и углубляются в грунт, а платформа поднимается над водой.

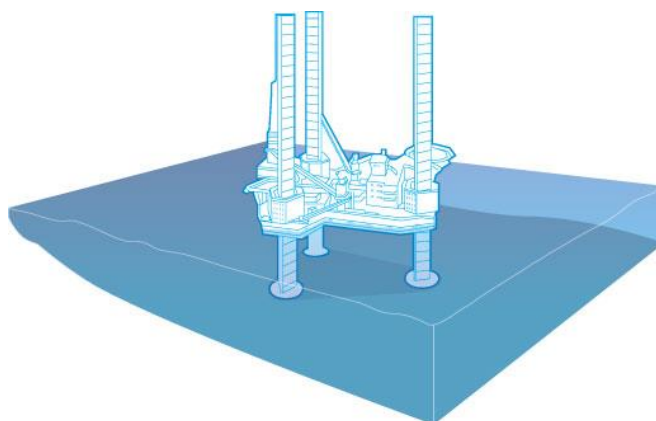


Рисунок 2. Самоподъемные платформы.

Полупогружные платформы (рис. 3) используют на больших глубинах. Платформы не поднимаются над водой, а плавают над местом бурения, удерживаемые тяжелыми якорями.

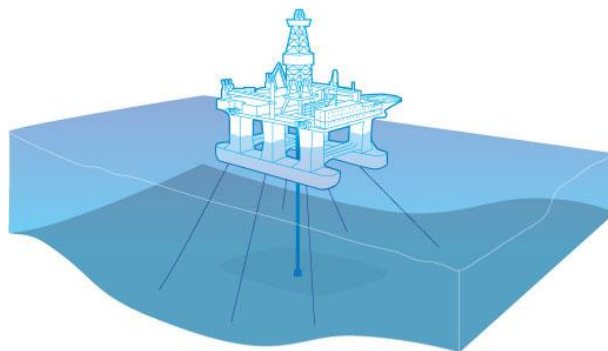


Рисунок 3 – Полупогружные платформы

Буровые платформы гравитационного типа (рис. 4) наиболее устойчивы, так как имеют мощное бетонное основание, опирающееся о морское дно. В это основание встроены колонны для бурения скважин, резервуары для хранения добытого сырья и трубопроводы, а поверх основания располагается буровая вышка. На таких платформах могут жить десятки и даже сотни рабочих.

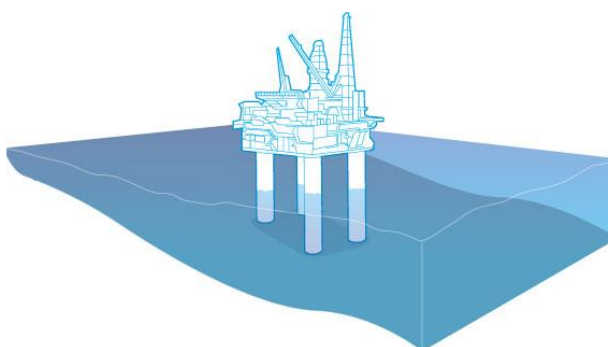


Рисунок 4 – Буровые платформы гравитационного типа

Добытый с платформы газ транспортируется на обработку либо на специальных танкерах, либо по подводному газопроводу (как, например, в проекте «Сахалин-2»). Подводный добычный комплекс (ПДК) с несколькими скважинами (рис.6) с виду напоминает паука, телом которого является манифольд.

Манифольд-это элемент нефтегазовой арматуры, который представляет собой несколько трубопроводов, обычно закрепленных на одном основании, рассчитанных на высокое давление и соединенных по определенной схеме. На манифольде собираются углеводороды, добытые на нескольких скважинах. Продукция со скважин может транспортироваться либо на морское технологическое судно, где производятся дополнительные технологические процессы, либо сразу на берег, если до берега недалеко.



Рисунок 6 – Подводное оборудование

Сначала подводные технологии применялись только на зрелых месторождениях, поскольку они позволяли увеличивать коэффициент извлечения углеводородов. Зрелые месторождения обычно характеризуются низким пластовым давлением и высокой обводненностью (высоким содержанием воды в углеводородной смеси). Для того чтобы увеличить пластовое давление, благодаря которому углеводороды поднимаются на поверхность, в пласт закачивается вода, выделенная из углеводородной смеси.

Однако и новые месторождения могут характеризоваться низким начальным пластовым давлением. Поэтому подводные технологии стали применять как на новых, так и на зрелых месторождениях.

Кроме того, организация части процессов под водой снижает затраты на строительство огромных стальных конструкций. В некоторых регионах целесообразно даже размещать под водой всю технологическую цепочку по извлечению углеводородов. Например, такой вариант может использоваться в Арктике, где надводные стальные конструкции могут повредить айсберги. Если же глубина моря слишком большая, то использование подводного комплекса вместо огромных стальных конструкций бывает просто необходимо.

Список используемых источников:

1. <http://www.gazprominfo.ru/articles/sea-production/>
2. <https://www.wikipedia.org/wiki/Шельф/ru>

Научное издание

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 26 марта 2019 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: УО «БрГТУ», 2019. – 148 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