

**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 международного научного семинара  
**ЧАСТЬ II**

Брест, 2022

УДК 620.9

ББК 72.33

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара. ЧАСТЬ II, Брест, БрГТУ, 22 апреля 2022 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2022. – 78 с.

В настоящем сборнике публикуются материалы международного научного семинара на тему «Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях», который состоялся в Брестском государственном техническом университете 22 апреля 2022 года. Издание адресуется преподавателям учебных заведений, студентам вузов, магистрантам, аспирантам, всем, кто интересуется проблемами энергетической безопасности.

Публикация материалов рекомендована кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции (протокол заседания кафедры №9 от 19.05.2022 г).

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

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Федорович Д.В.....   | 5  |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ МУЗЕЯ С ОТКРЫТОЙ<br>ПОВЕРХНОСТЬЮ ГРУНТА .....                                    | 5  |
| Шикеля Р.В.....  | 7  |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГРЕВА ОБЪЕКТА ТОРГОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ<br>ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ ТИПА «ВОЗДУХ-ВОДА».....                         | 7  |
| Марчик Р.Л.....  | 9  |
| АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА<br>"ВОСТОЧНЫЙ" В Г.ИВАНОВО .....   | 9  |
| Невдах А.А. ....   | 11 |
| ВЛИЯНИЕ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СРЕЗУ<br>ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК .....  | 11 |
| Шикеля М.В. ....   | 13 |
| АНАЛИЗ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПО РЕМОНТУ ВНУТРИСЕТНЫХ<br>КИРПИЧНЫХ ДЫМОВЫХ КАНАЛОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ<br>ДОМАХ..... | 13 |
| Атаева Г.К.....  | 17 |
| ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ С<br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДУКТИВНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ<br>ТЕЛЕФОНОВ..... | 17 |
| Каперейко Ю.В., Гринько Е.О. ....  | 20 |
| ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ<br>И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ MAGICAD (REVIT).....          | 20 |
| Джейгало В.В., Жук В.Г.....  | 23 |
| ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ДОМОВ ЗА СЧЕТ<br>СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ .....                                      | 23 |
| Мацкович О.А., Хведченя А.А. ....  | 25 |
| РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И<br>ДЕМАНГАНАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД.....                                  | 25 |
| Шелетуха В.О. ....   | 28 |
| КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.....  | 28 |
| Вершко Р.В. ....   | 31 |
| АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО<br>ЖИЛОГО ДОМА С ГАЗОВЫМ КОТЛОМ.....                                   | 31 |
| Юрик А.Ю., Нелиповец М.А. ....   | 33 |
| ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ОКРАСОЧНЫХ ЦЕХОВ.....  | 33 |
| Петрукович А.С., Каперейко Ю.В. ....   | 35 |
| АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАЮЩЕГО ТИПА<br>ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ<br>ВОЗДУХА .....             | 35 |
| Емельянова А.П., Теремей В.А. ....   | 37 |
| МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРИТОЧНАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ .....  | 37 |
| Лавринович А.Н. ....   | 40 |
| ПРОБЛЕМЫ ЗАВОЗДУШИВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ<br>ЗДАНИЙ И ИХ РЕШЕНИЯ .....                                       | 40 |
| Капуза В.А.....  | 43 |
| ВЕНТИЛЯЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ .....  | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Каперейко Ю.В., Петрукович А.С. ....   | 46 |
| ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ<br>И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ .....     | 46 |
| Вершко Р.В. ....   | 48 |
| АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО<br>ЖИЛОГО ДОМА С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ КОТЛОМ .....                | 48 |
| Тыщук С.С., Саковский Д.С. ....  | 50 |
| МОБИЛЬНЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ<br>ПРОЦЕССА КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ – «РОБОТ-КАМЕНЩИК» .....  | 50 |
| Каперейко Ю.В., Гринько Е.О. ....  | 53 |
| НЕЙТРАЛЬНАЯ ТОЧКА В СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ .....   | 53 |
| Шепетуха В.О. ....   | 55 |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В<br>ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА .....                             | 55 |
| Михальчук К.С. ....  | 57 |
| ПАРОКАПЕЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ .....  | 57 |
| Джейгало В.В., Жук В.Г. ....   | 60 |
| АНАЛИЗ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ В СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЯХ ...  | 60 |
| Петрукович А.С., Каперейко Ю.В. ....   | 63 |
| АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫТЕСНЯЮЩЕГО ТИПА<br>ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ<br>ВОЗДУХА ..... | 63 |
| Гринько Е.О., Марковский В.В. ....   | 65 |
| СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ ДЛЯ ДЕРЕВООБРАБОТКИ .....  | 65 |
| Вершко Р.В. ....   | 68 |
| АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО<br>ДОМА .....   | 68 |
| Теребей В.А., Емельянова А.П. ....   | 70 |
| МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ .....  | 70 |
| Шепетуха В.О., Лавринович А.Н. ....  | 73 |
| ВЕНТИЛЯЦИЯ СЫРОДЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ .....   | 73 |
| Петрукович А.С., Каперейко Ю.В. ....   | 76 |
| ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЦЕХОВ САХАРНОГО ЗАВОДА .....   | 76 |

**Федорович Д.В.**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ МУЗЕЯ С ОТКРЫТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ГРУНТА**

*Брестский государственный технический университет. Магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.*

Задача сохранения музейных коллекций сложная и включает в себя много конкретных проблем. Основное направление решения этой задачи — создание условий хранения, к которым в первую очередь стоит отнести микроклимат музейных помещений. Поддержание необходимых параметров микроклимата обеспечивают системы вентиляции и кондиционирования.

Вентиляция музеев является скорее технологичной, чем гражданской, потому что на первом месте стоит забота об экспонатах, их сохранность, а на втором — создание комфортных условий для посетителей и персонала.

Система вентиляции музеев должна быть:

- В случаях совмещения вентиляции с отопительными функциями, агрегаты должны резервироваться;
- При необходимости охлаждения приточного воздуха его следует осуществлять с помощью одно- или двухступенчатого испарительного охлаждения воздуха или с помощью естественных источников;
- Схему воздухообмена следует организовывать с учетом эффективного использования ассимиляционной способности циркулирующего воздуха и минимальных скоростей воздушных потоков вблизи экспонатов;
- Очистку воздуха следует осуществлять в сухих тканевых или бумажных фильтрах;
- Вентиляционные системы должны быть оборудованы звукоглушителями, виброоснованиями и другими устройствами, обеспечивающими нормируемый уровень звукового давления для музейных помещений и исключаящими передачу вибрации на строительные конструкции здания;
- В зависимости от устройства вентиляционных систем они должны быть оборудованы соответствующими средствами автоматического регулирования, управления и контроля.

Круглогодично и круглосуточно работающие СКВ, как правило, следует совмещать с системами воздушного отопления.

В крупных музеях целесообразно устройство центральных или комбинированных систем, если здание располагает необходимыми возможностями для размещения кондиционеров, трассировки транзитных и местных воздуховодов и других элементов центральных или комбинированных систем.

Для определения требуемых параметров микроклимата музейных помещений был произведен литературный поиск:

1. Согласно Приложению Д, таблица Д.3 [1] в фондохранилище музея расчетная температура воздуха в холодный период года  $16^{\circ}\text{C}$ , а кратность воздухообмена в 1 ч – 2 на вытяжку. В выставочном зале расчетная температура должна составлять  $18^{\circ}\text{C}$ , а кратность воздухообмена – 3:3.

2. Согласно п.209 [2] температура воздуха в музейных помещениях при комплексном хранении различных материалов должна быть в пределах  $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Оптимальные условия относительной влажности при комплексном хранении

различных материалов  $55\pm 5\%$ . Безопасные пределы относительной влажности для музеев, не оснащенных кондиционерами  $50-65\%$ .

3. Согласно п.12.1 [3] кондиционирование воздуха в экспозиционных залах и фондохранилищах должно быть круглосуточное и круглогодичное, обеспечивающее оптимальный температурно-влажностный режим  $18-22^{\circ}\text{C}$  и относительную влажность  $55\pm 5\%$ . Согласно п.12.4 [3] кратность обмена воздуха рекомендуется принимать: в экспозиционных залах 5-6; в хранилищах 1,5-2; в коллекционном зале 4-6; в лабораториях 10.

4. Согласно таблице 1 [4] рекомендуемыми микроклиматическими параметрами для обеспечения оптимальных условий хранения дерева являются: относительная влажность  $40-65\%$ ; температура  $19-24^{\circ}\text{C}$ . Согласно таблице 2 [4] микроклиматическими условиями, предохраняющими материалы от микробиологического воздействия, являются: археологическое дерево — относительная влажность  $50-60\%$ , температура  $19-24^{\circ}\text{C}$ , максимальный диапазон дневного колебания относительной влажности  $2\%$ , максимальный диапазон дневного колебания температуры  $1,5^{\circ}\text{C}$ ; мокрое дерево — температура  $0-4^{\circ}\text{C}$ .

5. В архивах, лабораториях холодного хранения должна поддерживаться температура воздуха  $10-14^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха  $30-50\%$ . Скорость воздуха в музейных помещениях должна находиться в пределах  $0,1-0,3\text{ м/с}$ , скорость обдува открыто расположенных экспонатов потоком приточных струй не должна превышать  $0,2\text{ м/с}$ . Допустимые значения амплитуды суточных и сезонных колебаний температуры и относительной влажности воздуха в помещении: амплитуда колебаний температуры – суточная  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , сезонная  $\pm 4,5^{\circ}\text{C}$ ; амплитуда колебаний относительной влажности воздуха – суточная  $\pm 10\%$ , сезонная  $\pm 10\%$  [5].

Для более удовлетворительных условий хранения музейных ценностей значения температуры и относительной влажности должны находиться в оптимальном диапазоне значений. Категорически запрещается делать перерывы в вентиляции и допускать резкие колебания температуры и влажности воздуха в музеях.

Важным условием нормализации температурного режима в помещениях музея является плавное изменение температуры.



Рисунок 1 – Археологический музей «Берестье»

Оптимальные стабильные условия в течение всего года могут быть обеспечены кондиционированием воздуха. Однако при реконструкции зданий музеев не всегда есть возможность обеспечения оптимальных параметров, так как необходимо учитывать состояние конструкций, исторический интерьер и экстерьер, архитектурно-планировочные особенности здания, соображения экономического порядка. В таком случае необходимо стремиться к поддержанию допустимых параметров микроклимата. Такие параметры обеспечивает приточно-вытяжная вентиляция.

Все требования к микроклимату для сохранности музейных коллекций должны распространяться только на зону размещения экспонатов. В зоне пребывания людей необходимо обеспечивать комфортные требования по [6].

Археологический музей «Берестье» представляет собой зал раскопа и экспозиционные залы по периметру данного раскопа. Зал археологического раскопа – основа музея. Постройки выполнены из дерева и размещены непосредственно на почве (рисунок 1).

Для определения параметров микроклимата в зале археологического раскопа необходимо учитывать особенности свойства дерева, из которого изготовлена коллекция. Экспонаты из дерева очень чувствительны к изменениям температуры и влажности воздуха. При уменьшении влажности древесины происходит ее усушка, что приводит к механическим повреждениям и изменению форм. При увеличении влажности изменяются механические свойства древесины, она делается менее прочной и может наступить набухание и гниение дерева. Поэтому очень важно, чтобы температурно-влажностный режим зала раскопа был стабильным.

Проанализировав выше представленные литературные источники можно сделать вывод, что для данного вида помещения и музейного экспоната нет нормативных параметров микроклимата. Определение требуемого температурно-влажностного режима необходимо выполнять в ходе эксплуатации объекта.

Для экспозиционных залов параметры микроклимата необходимо принимать по ГОСТ 30949-2011 с учетом допустимых параметров воздуха для хранения экспозиций.

*Список использованных источников:*

1. СН 3.02.02-2019 Общественные здания. – Мн.: Минстройархитектуры РБ. 2022. – 59 с.
2. Инструкция по учету и хранению музейных ценностей, находящихся в государственных музеях СССР. – М.: Минкультуры СССР. 1985. – 80 с.
3. Рекомендации по проектированию музеев. – М.: Стройиздат. 1988.
4. АВОК №6 статья «Качество воздуха в музеях». – 2009. – 8 с.
5. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. – М.: Евроклимат. 2006. – 640 с.
6. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. 2017. – 15 с.
7. Музейное хранение художественных ценностей. – М.: ГосНИИР. 1995. – 208 с.

**Шикеля Р.В.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГРЕВА ОБЪЕКТА ТОРГОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ ТИПА «ВОЗДУХ-ВОДА»**

*Брестский государственный технический университет. Магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.*

До недавнего времени на территории Республики Беларусь для выработки тепла на нужды отопления, вентиляции и ГВС зданий, расположенных на территориях с отсутствием близко расположенных инженерных сетей

теплоснабжения либо газоснабжения, использовались источники тепла на местных видах топлива. Зачастую, это были твердотопливные водогрейные котлы с ручной загрузкой топлива, либо твердотопливные котлы, работающие на древесных пеллетах. Данные источники тепла были доступны и менее затратные из-за отсутствия необходимости подвода инженерных сетей, но имели недостатки в части требования наличия обслуживающего персонала, а также больших выбросов вредных веществ в атмосферу.

С развитием электрической отрасли в Республики Беларусь (вводом в эксплуатацию Атомной станции) появилась возможность выработки тепла за счет электроэнергии. При этом, возникла сложность с пропускной способностью существующих электрических кабельных линий для обеспечения необходимой нагрузкой потребителей, выбравших в качестве источника теплоснабжения электронагрев. Для решения данной проблемы можно применить совместную работу электрического котла с большим диапазоном модуляции вырабатываемого тепла и тепловых насосов типа «воздух вода». К рассмотрению предлагается применение тепловых насосов фирмы NIBE в виде сплит-системы, состоящей из наружного и внутреннего блоков.

Рассматриваемое здание — продовольственный магазин, расположенный в г. Лида Гродненской области. Расчетная температура наружного воздуха  $-22^{\circ}\text{C}$ .

Нагрузки на здание составляют: отопление – 30,2 кВт, вентиляция 28,2 кВт. Суммарное потребление тепла зданием составляет 58,4 кВт.

Рассматриваемое оборудование — тепловой насос NIBE SPLIT AMS 10-16 (наружный блок) и NIBE SPLIT HBS 05-16 (внутренний блок) тепловой производительностью 12,6 кВт каждый. Электрический котел Evan Practic 60 мощностью 60,0 кВт.

Как известно, работа теплового насоса основана на принципе отбора тепла от наружного воздуха к хладагенту, где последний сжимается в компрессоре. При этом происходит увеличение температуры хладагента. Сжатый хладагент поступает в теплообменник (внутренний блок теплового насоса), где передает тепло теплоносителю системы отопления. Отметим, чем ниже температура наружного воздуха, тем меньше тепла можно забрать из наружного воздуха.

На основе технических данных теплового насоса построена диаграмма производительности теплового насоса в зависимости от температуры наружного воздуха (см. рис. 1).

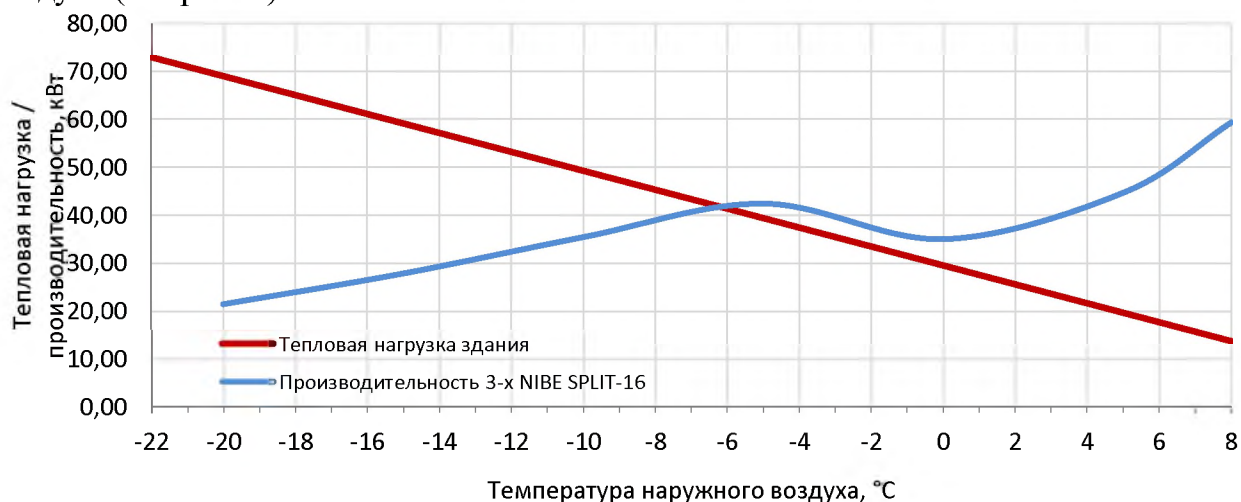


Рисунок 1 – График производительности теплового насоса «воздух-вода» в зависимости от температуры наружного воздуха



В соответствии с графиком тепловыми насосами обеспечивается 100% потребности тепловой энергии до  $-6,0^{\circ}\text{C}$ . При этом, эффективность теплового насоса COP составляет 3.0, что говорит о том, что на 1 кВт электрической энергии потребленной тепловым насосом вырабатывается 3,0 кВт тепла.

По расчетным данным тепловые потери рассматриваемого здания в зависимости от температуры наружного воздуха приведены в таблице 1.

Таблица 1. Тепловые потери

| Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$ | -22  | -20  | -16  | -12  | -8   | -4   | 0    | +4   | +8   |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Тепловая нагрузка на здания, кВт                  | 58,4 | 55,9 | 50,9 | 45,9 | 40,9 | 36,0 | 31,0 | 26,0 | 21,0 |

Дальнейшее возмещение тепловых потерь здания, при снижении температуры наружного воздуха, осуществляется при помощи электрического котла с модуляцией вырабатываемой тепловой энергии. При понижении температуры наружного воздуха уменьшается количество тепла, вырабатываемого тепловыми насосами и увеличивается мощность электрического котла. При температурах ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  обогрев здания будет осуществляться полностью за счет электрического котла. Работа теплового насоса при температурах  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже не является целесообразной, так как эксплуатационные затраты, связанные с размораживанием теплообменника наружного блока, будут выше чем количество вырабатываемого тепла.

В связи с тем, что последние десятилетия на территории Республики Беларусь зимний период мягкий (средняя температура наружного воздуха  $-6,9^{\circ}\text{C}$ ) применение систем отопления с использованием в качестве источника тепла тепловых насосов, в случае отсутствия инженерных систем тепло- и газоснабжения, является актуальным, несмотря на первоначальную дороговизну оборудования.

На основе анализа данных можно сделать вывод о том, что на протяжении отопительного периода обеспечение тепловой потребности здания будет осуществляться преимущественно за счет тепловых насосов, что позволит потреблять как минимум в 3 раза меньше электрической энергии по сравнению с традиционным электрическим котлом.

*Список использованных источников:*

1. Интернет портал [www.belstat.gov.by](http://www.belstat.gov.by) – Национальный статистический комитет Республики Беларусь.
2. Техническая информация производителя оборудования NIBE.

**Марчик Р.Л.**

## **АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СХЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА "ВОСТОЧНЫЙ" В Г.ИВАНОВО**

*Брестский государственный технический университет. Магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.*

Создание комфортной, удобной и качественной среды проживания жителей микрорайона города — задача, которую решают архитекторы и градостроители на

протяжении всей истории многоэтажной жилой застройки. И до сих пор идеальная модель не найдена. В нашем климате система отопления является одним из важнейших факторов, влияющих на качество жизни населения. Поэтому эффективность работы систем теплоснабжения прямо или косвенно интересует как население, так и эксплуатирующие организации.

Проектной документацией на строительство микрорайона "Восточный" в г. Иваново предусмотрено строительство 19 многоквартирных жилых домов, детского сада, школы, магазина и торгового центра. Также рядом с микрорайоном "Восточный" имеется магазин "Санта" и спортивный комплекс "Импульс".

Проектом предусмотрено поквартирное отопление от индивидуальных газовых котлов в жилых домах и индивидуальные котельные на объектах социально-культурно-бытового сектора.

Преимуществом выбранной системы теплоснабжения можно назвать возможность начинать и заканчивать отопительный сезон тогда, когда это необходимо потребителю и тонкая регулировка параметров теплоносителя. Также к преимуществам часто относят экономичность индивидуальных систем отопления. Действительно, если вести сравнение между тарифом на центральное отопление и расходами на оплату энергоносителей при индивидуальном отоплении (газ или электроэнергия), то оказывается, что оплачивать энергоносители выгоднее. Но не стоит забывать о ежегодном техническом обслуживании индивидуальных котлов, необходимости прочистки дымоходов и вентиляционных каналов (работы выполняются на платной основе специализированными организациями), а также сравнительно небольшом ресурсе индивидуальных котлов (замена производится за счет средств собственников квартир). Также при организации индивидуального поквартирного отопления в многоквартирных жилых домах остро встает вопрос о необходимости отопления мест общего пользования, а это дополнительные эксплуатационные затраты.

В рассматриваемом случае целесообразной является альтернативная схема теплоснабжения микрорайона "Восточный" в г. Иваново со строительством районной котельной (на МВТ (щепа топливная) или газ) с работой в автоматическом режиме с наличием обслуживающего персонала и строительством тепловых сетей из предварительно термоизолированных труб подземной прокладки.

Реализация данной схемы теплоснабжения позволит решить следующие проблемы:

- одна обслуживающая организация по всем объектам (в текущий момент котельная спортивного комплекса "Импульс" построена и передана на баланс КУМПП ЖКХ "Ивановское ЖКХ", котельные детского сада, школы и торгового центра будут переданы на баланс после строительства);
- сокращение расходов на обслуживание и подготовку к осенне-зимнему периоду;
- стабильный температурный график;
- отсутствие необходимости проведения работ по обслуживанию отопительного оборудования (как при индивидуальном отоплении).

Для снижения влияния колебания температур в жилых помещениях в межотопительный период предлагается увеличить сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций.

Невдах А.А.

## ВЛИЯНИЕ СЖАТОЙ ЗОНЫ БЕТОНА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СРЕЗУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

*Брестский государственный технический университет. Магистрант строительного факультета, специальности строительство зданий и сооружений. Научный руководитель: Кривицкий П.В., к.т.н, доцент, заведующий отраслевой лабораторией «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве».*

В приопорной зоне железобетонные балочные конструкции работают в условиях плоского напряженного состояния при совместном действии нормальных и касательных напряжений. В результате на данном участке элемента образуются наклонные трещины, ориентированные под некоторым углом  $\theta$  к направлению продольной растянутой арматуры. Их первоначальное положение определяется траекториями главных растягивающих напряжений. Диагональные трещины традиционно образуются в середине высоты сечения балки независимо от наклонных трещин либо развиваются как продолжение наклонных трещин, меняющих свое направление, располагаясь под углом  $\theta$  к продольной оси элемента. Развитие этого типа наклонных или диагональных трещин типично для балок с большим пролетом среза или «гибких» балок.

Таким образом, из-за совместного действия изгибающих моментов и поперечных сил в железобетонной конструкции возникает система наклонных (диагональных) трещин, разделяющих элемент на отдельные блоки, соединенные продольным армированием в растянутой зоне и не цельной части бетона над вершиной наклонной трещины.

Анализ экспериментальных исследований отечественных и зарубежных авторов показывает, что на сопротивление срезу балок существенное влияние оказывают прочность бетона на сжатие, поперечное и продольное армирование, виды бетона, а также геометрические размеры сечения и отношение длины пролета среза к рабочей высоте балки ( $a/d$ ). В результате в элементе возникают внутренние усилия, сопротивляющиеся срезу, одним из которых является перерезывающее усилие, возникающее в сжатой зоне бетона.

Модель, предложенная К. Н. Reineck [1], позволяет рассчитывать «гибкие» железобетонные балочные элементы без поперечного армирования. По Reineck, усилие среза в основном передается в зоне натяжения элемента за счет трения по берегам трещины и за счет «нагельного эффекта» в продольной арматуре. Автором предполагается простое распределение напряжений трения вдоль трещин и четко описывается результирующее состояние напряжений в полотне элемента, которое может быть представлено моделью (рисунок 1).

Существующая модель предлагает вертикальное равновесие сил среза и расчет поперечной силы  $V_c$ , воспринимаемой сжатым бетоном над наклонной трещиной, имеет вид:

$$V_c = \frac{2}{3} c \cdot b_w \cdot \tau_n = \frac{2}{3} c \cdot V \quad (1)$$

Максимальный вклад сжатого бетона в сопротивлении срезу согласно К. Н. Reineck составляет до 20%.

Коллектив под руководством профессора А. С. Залесова [2] на базе метода предельного равновесия разработал модель, учитывающую совместное сопротивление продольной и поперечной арматуры, сжатой зоны бетона и трения по берегам наклонной трещины. Авторы при анализе проведенных испытаний выделили

наличие зон концентраций деформаций бетона и арматуры при раздроблении бетона над наклонной трещиной и предложили диско-связевую систему. В зависимости от формы разрушения, коллектив рассматривает особенности распределения внутренних усилий в наклонной трещине и соответствующие уравнения равновесия.

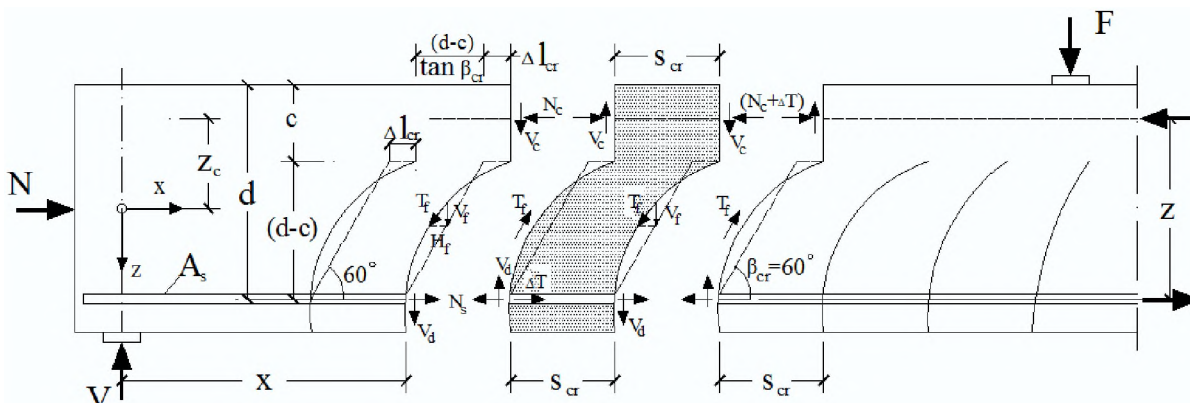
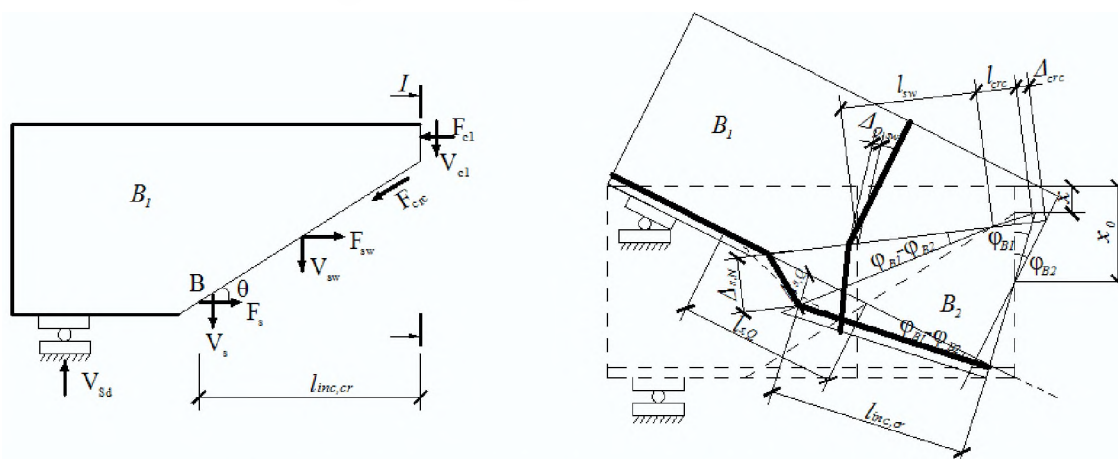


Рисунок 1 – Железобетонная конструкция с «зубчатыми» элементами [1]

При проверке прочности сжатой зоны бетона над наклонной трещиной (рисунок 2) составляющая по бетону составляет 25-35% от суммы всех составляющих и определяется по следующей зависимости:

$$V_{cd} = B/l_{inc,cr} = 0,15R_u \cdot b \cdot d^2/l_{inc,cr} \quad (2)$$



а) – расчетная модель; б) – кинематическая схема.

Рисунок 2 – Модели предельного равновесия в наклонном сечении при раздроблении бетона [2]

В 2006 году Park H., Choi K. И Wight J.K. [3] была разработана теоретическая модель для прогнозирования сопротивления срезу «гибких» железобетонных балок без поперечного армирования. Предполагалось, что усилию среза сопротивляется в первую очередь сжатая зона неповрежденного бетона, а не растянутая. Способность сопротивления срезу определялась на основе критериев разрушения железобетонного балочного образца: разрушение, происходящее по сжатой зоне бетона, и разрушение – по растянутой арматуре.

При оценке сопротивления срезу исследователи также учитывают нормальные напряжения, создаваемые изгибающим моментом в поперечном сечении. Так как величина и распределение нормальных напряжений изменяются из-за деформации балки при изгибе, сопротивление срезу балки определялась как функция деформации

при изгибе. По [3] сопротивление срезу достигает своего минимального значения в момент, когда наклонная трещина достигает нейтральной оси. В исследовании была предложена упрощенная модель прочности, которая базируется на теории упругости согласно сечениям a-b и a-c (рисунок 3).

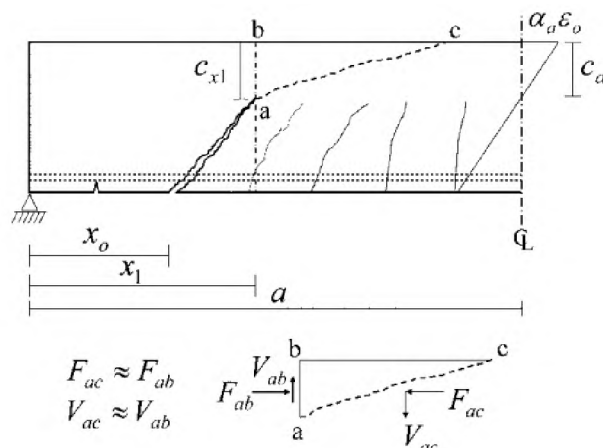


Рисунок 3 – Идеализированные результирующие силы в зоне сжатия [3]

Авторы предложили определять значение сопротивления срезу балки по зависимости (3), отражающей в полном объеме вклад сжатой зоны бетона:

$$V_c = \lambda_s \sqrt{f_t [f_t + \bar{\sigma}]} \times c_{x1} / d \quad (3)$$

Исходя из выше сказанного, влияние сжатой зоны бетона на сопротивление срезу железобетонных балочных конструкций характеризуется существенным вкладом, который на данный момент в полной мере не изучен.

*Список использованных источников:*

1. Reineck, K.-H. Ultimate Shear Force of Structural Concrete Members without Transverse Reinforcement Derived from a Mechanical Model / K.-H. Reineck // ACI Structural Journal. – Sept.-Oct., 1991. – Vol. 88, № 5. – P. 592-602.
2. Залесов, А. С. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил / А. С. Залесов, Ю. А. Климов. – К. : Будивэльнык, 1989. – 104 с.
3. Wight, J. Strain-Based Shear Strength Model for Slender Beams without Web Reinforcement / J. Wight, H.-G. Park, K.-K. Choi // ACI Structural Journal. – Jan., 1991. – Vol. 103, № 6. – P. 783-793.

**Шикеля М.В.**

### **АНАЛИЗ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПО РЕМОНТУ ВНУТРИСЕТНЫХ КИРПИЧНЫХ ДЫМОВЫХ КАНАЛОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ**

*Брестский государственный технический университет. Магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.*

Для введенных в эксплуатацию зданий жилых домов необходимо проводить их техническое обслуживание и осмотр с целью обеспечения работоспособности и

безопасной эксплуатации строительных конструкций и инженерных систем зданий, а также для обеспечения их соответствия санитарно-гигиеническим и противопожарным правилам и нормам. В процессе технической эксплуатации жилых домов дымовые и вентиляционные каналы должны соответствовать требованиям, обеспечивающим безопасность жизни и здоровья граждан.

Значимая доля зданий жилых многоквартирных домов имеет индивидуальное горячее водоснабжение с использованием газовых проточных водонагревателей. В таких домах зачастую дымоходы и вентиляционные каналы выполнены в совмещенных внутристенных кирпичных шахтах.

Режим работы проточных газовых водонагревателей периодический и кратковременный из-за необходимости подогрева воды только в момент разбора теплоносителя. Кирпичные дымоходы из-за подобного режима работы проточных газовых водонагревателей в процессе эксплуатации подвергаются негативным воздействиям: частому нагреву и остыванию стенок дымохода, образованию водяного пара на остывающих стенках дымохода, который, соединяясь с окисью серы, присутствующей в дымовых газах, образует серную кислоту и разрушает кирпичную кладку. Вследствие этого дымоходы теряют свойства герметичности и газоплотности, и из-за появления трещин это может привести к прониканию угарного газа в помещения, через которые транзитно проложена кирпичная шахта дымовых и вентиляционных каналов.

Техническая эксплуатация дымовых и вентиляционных каналов зданий жилых домов в соответствии с [1] включает в себя ремонт, в том числе восстановление герметичности дымовых и вентиляционных каналов.

Восстановление герметичности и газоплотности существующих кирпичных дымовых каналов может производиться путем вставки (загильзовки) в них стальных дымоходов из нержавеющей стали (рис. 1).



Рисунок 1 – Загильзовка кирпичного дымохода

Зачастую размер кирпичных дымовых каналов варьируется от 140x140 мм до 150x150 мм в зависимости от качества выполненной кладки и толщины шва. У большинства проточных газовых водонагревателей присоединительный диаметр дымохода составляет 130 мм. Поэтому для загильзовки существующих дымовых каналов могут применяться дымоходы диаметром 130 мм из оцинкованной нержавеющей стали AISI 304, толщиной 1,0 мм или стали 1.4301, толщиной 0,5 мм в соответствии с СТБ EN1856-1-2009 - T200-P1-W-V2-L20100-L20050. Данное решение является наименее затратным и трудоемким.

Такое решение, в частности, применялось при выполнении капитального ремонта жилого дома №3 по ул. Первомайской в г. Волковыск, Гродненской области. Жилой дом 4-этажный, панельный, 7-миподъездный. Сметная стоимость строительно-монтажных работ в пересчете на 1 м.п. длины дымохода составила 100,57 р/м.п.

В процессе выполнения строительно-монтажных работ по загиловке внутрстенных кирпичных дымоходов может выявиться ряд сложностей, связанных с отступлением от требуемых размеров кирпичной кладки, ее смещению относительно вертикали и несоблюдения соосности существующего отверстия по высоте канала. В таком случае выполнение загиловки внутрстенного кирпичного канала металлическим дымоходом не представляется возможным.

Выходом может являться установка приставных утепленных металлических дымоходов (сэндвич-труба), проложенных по фасаду здания жилого дома с выводом продуктов сгорания выше кровли в соответствии с действующими ТНПА (рис. 2).



Рисунок 2 – Приставной утепленный дымоход

Как уже говорилось выше, такое решение является альтернативой при невозможности загиловки существующих кирпичных дымоходов, однако оно более финансово затратно, т.к. стоимость дымохода из сэндвич-трубы выше стоимости дымохода из стальной нержавеющей трубы в 2-2,5 раза за погонный метр. К тому же немаловажную роль играет эстетический вид наружного фасада здания жилого дома, который будет нарушен вследствие подобного решения.

Данное решение применялось при выполнении капитального ремонта жилого дома №16 по ул. Ленина в г. Свислочь, Гродненской области. Жилой дом 4-этажный, панельный, 2-хподъездный. Сметная стоимость строительно-монтажных работ в пересчете на 1 м.п. длины дымохода составила 138 р/м.п.

Третьим вариантом обеспечения газоплотности кирпичных дымоходов является метод восстановления с применением полимерно-композитной ремонтной облицовки. Состав: внутренний слой – полиэтиленовая пленка (рукав), средний слой – стекловолокно с термоотверждающей смолой и неорганическим наполнителем (фенольной смолой и алюминием), третий слой – нерастяжимая хлопчатобумажная ткань (пропитанная фенольной смолой и алюминием), сдерживающий слой – полиэстеровая ткань (рис. 3).

Монтаж облицовки выполняют путем ее протаскивания в существующий ремонтируемый канал тягой облицовки снизу вверх или спуском облицовки сверху вниз. Под воздействием пара облицовка расширяется, пока не достигнет заданных габаритов. В процессе полимеризации облицовка прилегает к стальным тройникам, обеспечивая полную изоляцию и герметизацию восстанавливаемого канала. Форма

сечения канала дымохода после полимеризации облицовки соответствует первоначальной форме восстанавливаемого дымохода.

Описанное решение является еще одной альтернативой при невозможности использования загильзовки существующих кирпичных дымоходов. Оно не влияет на внешний вид фасадов, однако является одним из дорогих вариантов обеспечения газоплотности.



Рисунок 3 – Структура облицовки

Данное решение применялось при выполнении капитального ремонта жилого дома №4 по ул. Пограничников г. Свислочь, Гродненской области. Жилой дом 2-хэтажный, кирпичный, 3-хподъездный. Сметная стоимость строительно-монтажных работ в пересчете на 1 м.п. длины дымохода составила 221,7 р/м.п.

Таким образом, можно сделать вывод, что выбор варианта обеспечения безопасной эксплуатации дымоходов для проточных газовых водонагревателей должен производиться индивидуально для каждого частного случая.

Для обеспечения газоплотности кирпичных дымовых внутристенных каналов в жилых домах высотой до 5-ти этажей включительно можно использовать метод загильзовки. При высоте здания до 3-х этажей, при невозможности использования метода загильзовки, рационально применить приставные утепленные дымоходы, но при условии, что вывод дымоходов будет выполняться на глухой фасад или на фасад дома, противоположный главному входу (эстетические решения).

Применение полимерно-композитной ремонтной облицовки является оптимальным решением при невозможности выполнить загильзовку существующих кирпичных дымоходов, расположенных в жилых домах в исторической части города (вид фасадов остается неизменным), а также для домов высотой 4 этажа и выше.

*Список использованных источников:*

1. ТКП 629-2018 «Техническая эксплуатация дымовых и вентиляционных каналов жилых домов. Организация и порядок проведения». – Минжилкомхоз. Минск, 2018 – 31с.
2. СТБ EN1856-1-2009 «Трубы дымовые. Требования к металлическим дымовым трубам. Часть 1. Детали дымовых труб». Госстандарт РБ. Минск, 2009 – 143 с.
3. СТБ EN 1856-2-2009 «Трубы дымовые. Требования к металлическим дымовым трубам. Часть 2. Металлическая футеровка и соединительные трубы». Госстандарт РБ. Минск, 2009 – 103 с.
4. Технологическая карта на восстановление дымоходов газовых котлов и вентиляционных каналов с применением облицовки полимерно-композитной ремонтной (вкладыш термоотвердевающий «FitFire») диаметром от 80 до 500 мм ТК-101024243.052-2017. Министерство архитектуры и строительства РБ, Государственное предприятие «РНТЦ по ценообразованию в строительстве», Минск, 2018 – 100с.



Атаева Г.К.

## **ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДУКТИВНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ**

*Инженерно-технологический университет Туркменистана имени Огуз хана, студентка третьего курса специальности робототехника и мехатроника.*

**Аннотация.** Целью данной статьи является анализ и обзор научных работ, связанных с беспроводной передачей энергии при зарядке мобильных телефонов, а также представление последних тенденций беспроводной зарядки в индустрии мобильных телефонов. В этой статье мы собираемся обсудить наиболее часто используемый стандарт в индустрии мобильных телефонов, а именно стандарт Qi, который определяет беспроводную передачу энергии.

**Введение.** Технология беспроводной передачи энергии является одной из самых новых и перспективных технологий в мобильной и автомобильной промышленности. В этой статье мы всесторонне представим основной метод беспроводной зарядки и его применение в мобильных телефонах. В частности, будет проиллюстрирован наилучший метод, используемый производителями мобильных телефонов в зависимости от энергоэффективности и расстояния. Будут упомянуты применения этого лучшего метода, который используется в стандарте Qi для мобильных телефонов Samsung, Apple и Huawei, и будет обсуждаться будущее этого метода. Стандарт беспроводной передачи энергии Qi (произносится «Чи»), основанный на спецификации Wireless Power Consortium Class 0 (WPC), стал международным стандартом беспроводной зарядки для устройств бытовой электроники. Это открытый стандарт интерфейса, определяющий беспроводную мощность с помощью индуктивной зарядки на расстоянии до 4 см.

### **Методы беспроводной зарядки и их применение в мобильных телефонах**

Что касается портативных устройств, то различные стандартные беспроводные зарядные устройства, такие как зарядное устройство RAVPower Qi [1], зарядная панель Verizon Qi [2], Duracell Powermat [3], зарядное устройство Energizer Qi [4], зарядная панель ZENS Qi [5], Зарядная панель Airpulse [6] была разработана и коммерциализирована для питания ноутбуков, планшетов и мобильных телефонов. Здесь мы обсудим основной метод беспроводной зарядки мобильных телефонов.

*Магнитно-индуктивная связь:* Магнитно-индуктивная связь основана на индукции магнитного поля, которая передает электрическую энергию между двумя катушками. Энергоэффективность зависит от плотности соединения двух катушек и их добротности. К преимуществам магнитно-индуктивной связи относятся простота реализации, удобство эксплуатации, высокая эффективность на близком расстоянии (обычно меньше диаметра катушки) и безопасность. Поэтому он применим и популярен для мобильных устройств. Концепция индуктивной зарядки использовалась для зарядки небольших электронных устройств, таких как зубные щетки, мобильные телефоны и планшеты, с силовыми матами, действующими в качестве первичной катушки.

**Обсуждение двух научных работ, использующих индуктивную связь в качестве метода беспроводной зарядки.**

В технологии беспроводной зарядки было проведено множество экспериментов. Здесь мы собираемся обсудить две статьи, в которых проводились эксперименты с индуктивной связью.

В первой представленной статье, по словам Л. Ольвица, Д. Винко и Т. Шведека [8], индуктивная связь может передавать энергию без проводов и безопасно. Он не излучает РЧ, ИК-сигналы и не нуждается в условиях прямой видимости. Из-за своих преимуществ эта технология является предпочтительной для беспроводной передачи энергии. В Технологическом институте Массачусетса Марин Солянич успешно передал 60 Вт электроэнергии на расстояние 2 м. Представленная концепция беспроводной зарядки мобильного телефона имеет рабочее расстояние до 2,5 см между зарядным устройством и мобильным телефоном. Осуществляется передача мощности 0,5 Вт, что достаточно для зарядки мобильного телефона. Конструкция зарядного устройства достаточно проста и не мешает работе мобильного телефона во время зарядки устройства.

Во второй представленной статье [9] тоже был проведен эксперимент с мобильным телефоном. Проведена экспериментальная установка приемопередающего блока. Передача энергии электромагнитной индукцией к приемнику через индуктивную связь. Был проведен эксперимент, чтобы получить эффективность беспроводной передачи энергии. Индуктивная связь передачи была разработана с диаметром 4,5 см, число витков равно 20, в то время как приемник, использующий диаметр 4,5 см, число витков равно 20. Расстояние между этими двумя индуктивными катушками варьируется для получения оптимального расстояния для беспроводной передачи энергии. Для 0 см выходное напряжение составляет 4,50 В, однако для 5 см выходное напряжение составляет 3,79 В. Согласно этой научной статье, индуктивная связь считается лучшим методом беспроводной зарядки мобильных телефонов.

### **Индуктивная связь в промышленности**

В конце 2000 года Samsung создала специальную команду, занимающуюся исключительно беспроводной зарядкой, и начала масштабные исследования и разработки. Цель состояла в том, чтобы разработать технологию, которая была бы простой и удобной для потребителей, чтобы продвигать и стимулировать широкое внедрение стандартов беспроводных технологий.

Эта тяжелая работа наконец увенчалась успехом в 2011 году, когда Samsung представила в США свою первую коммерческую подставку для беспроводной зарядки для Droid Charge (SCH-i510). С тех пор Samsung предлагает чехлы и подставки для беспроводной зарядки в качестве основного аксессуара наряду со многими нашими флагманскими смартфонами, такими как Galaxy S4 и Galaxy Note 3 в 2013 году и Galaxy S5 и Galaxy Note 4 в 2014 году.

iPhone работает с зарядками, сертифицированными Qi, которые доступны в качестве аксессуаров, а также в автомобилях, кафе, отелях, аэропортах и мебели. Многие Qi-сертифицированные зарядные устройства заряжают iPhone с последней версией iOS до 7,5 Вт. Беспроводная зарядка Qi теперь является стандартной для текущей линейки iPhone, поддерживается iPhone XR, iPhone SE, iPhone 11 и всеми версиями iPhone 12 и iPhone 13.

Apple, возможно, была слишком рано, когда решила отрезать шнуры и мечтать о действительно беспроводном будущем, выпустив в 2016 году iPhone 7, первый iPhone с беспроводной зарядкой. Более двух лет спустя компания Huawei по-новому взглянула на беспроводные технологии и выпустила Mate 20 Pro, который не только заряжает аккумулятор по беспроводной сети, но и способен заряжать другие устройства по беспроводной сети, выступая в роли индукционной плиты.

Здесь мы представим самое быстрое в мире беспроводное зарядное устройство мощностью 15 Вт. Помимо зарядки Mate 20 Pro мощностью 15 Вт, это беспроводное

зарядное устройство также может заряжать флагманы Samsung, iPhone, устройства Google Pixel и другие устройства, совместимые с Qi.

Технология Veebom протестировала беспроводное зарядное устройство Huawei на его характеристики зарядки с рядом самых производительных смартфонов, включая предполагаемого бенефициара Huawei Mate 20 Pro, а также Samsung Galaxy Note 9, iPhone X и Pixel 3 XL, а также время, необходимое для полной зарядки этих телефонов был:

- Huawei Mate 20 Pro (4200 мАч) — 160 минут (2 часа 40 минут)
- Samsung Galaxy Note 9 (4000 мАч) — 230 минут (3 часа 50 минут)
- Apple iPhone X (2716 мАч) — 180 минут (3 часа)
- Google Pixel 3 XL (3430 мАч) — 260 минут (4 часа 20 минут)

Из этого следует, что, хотя беспроводное зарядное устройство Huawei работает с любым Qi-совместимым устройством, оно лучше всего дополнит Huawei Mate 20 Pro. Даже в случае Mate 20 Pro скорость зарядки не очень привлекательна, учитывая, что проводному зарядному устройству требуется всего 30 минут, чтобы зарядить аккумулятор от нуля до 100%, и менее часа, чтобы полностью зарядить аккумулятор.

#### **Будущие применения технологий беспроводной зарядки**

Беспроводная зарядка обещает расширить радиус действия и повысить мобильность пользователей IoT-устройств. Первое поколение беспроводных зарядных устройств допускало расстояние всего в несколько сантиметров между устройством и зарядным устройством. Для новых зарядных устройств расстояние увеличилось примерно до 10 сантиметров. Поскольку технология продолжает быстро развиваться, вскоре можно будет передавать энергию по воздуху на расстояние в несколько метров. Наша будущая работа будет включать в себя оптимальную конфигурацию эффективности передачи мощности. В дальнейшей работе мы сосредоточимся на усовершенствовании индуктивной связи для зарядки смартфонов.

**Заключение.** Технология беспроводной зарядки станет преобладающей, особенно для бытовой электроники, мобильных и портативных устройств. В этой статье мы представили обзор техники беспроводной зарядки, два эксперимента, проведенных с использованием метода магнитно-индуктивной связи для мобильных телефонов, стандарта Qi и трех основных конкурирующих отраслей, которые используют беспроводную зарядку для своих мобильных телефонов. Из всех рассмотренных работ, основанных на беспроводной передаче энергии с использованием индуктивной связи для зарядного устройства мобильного телефона, есть много аспектов с точки зрения расстояния, диапазона частот и энергоэффективности.

*Список использованных источников:*

1. Мощность PAB. техническое описание зарядного устройства с поддержкой Qi.
2. <http://www.verizonwireless.com/accessories/verizon-qi-wirelesscharging-pad/>
3. Корпорация Duracell PowerMat Technologies, 2011 г.
4. Энергетик. 3-позиционное индуктивное зарядное устройство поддержкой Qi.
5. <http://www.makezens.com/products/charging-pads/>
6. <http://www.bitmore.co.uk/products/qi-wireless-charging-pad>
7. <http://www.wirelesspowerconsortium.com/>
8. Л. Ольвиц, Д. Винко и Т. Шведек, «Беспроводная передача энергии для зарядного устройства мобильного телефона», Осиек, Хорватия.
9. M. Fareq et al. 2014 J. Phys.: Conf. ser. 495 012019 «Низкая беспроводная передача энергии с использованием индуктивной связи для зарядного устройства мобильного телефона».

Каперейко Ю.В., Гринько Е.О.

## ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В ПРОГРАММЕ MAGICAD (REVIT)

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Для того, чтобы произвести аэродинамический расчет и его балансировку в программе MagiCAD Revit, необходимо установить ее на Autodesk Revit.

Далее необходимо открыть проект, на вкладке «MagiCAD Вентиляция» выбрать опцию «Изменить набор данных». В появившемся окне «Хотите выбрать набор данных?» кликаем «Да». Следующий шаг – загрузка данных в проект. Кликаем на опцию «Выбрать» (рис. 1).

Кликаем «поиск», где в появившемся окне находится папка «Common» → «Common-MCERV-2020\_c\_r2020.mrv». Нажимаем «Применить», «Заккрыть» (рис. 2, 3).

В появившемся окне по ветке выбираем «Вентиляция» → «Серии воздуховодов». В этом разделе задаются форма поперечного сечения воздуховодов. В правой части окна появляется список серий воздуховодов. Для системы вентиляции с круглыми воздуховодами используем имя типа «Circular Duct» (рис. 4).

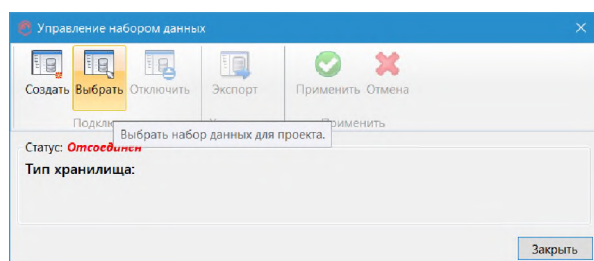


Рисунок 1 – Выбор данных

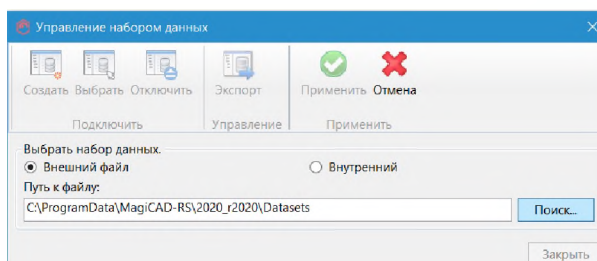


Рисунок 2 – Загрузка набора данных

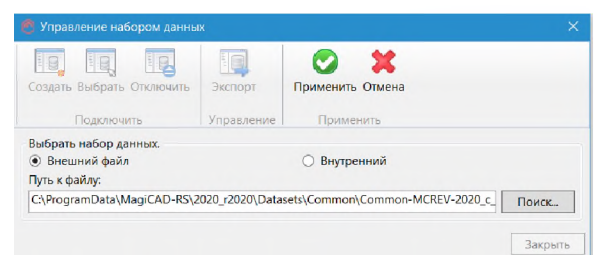


Рисунок 3 – Загрузка данных в проект

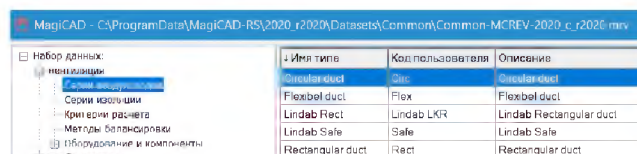


Рисунок 4 – Выбор воздуховодов

Далее по ветке выбираем «Критерии расчёта». В этом разделе задаются основные параметры, по которым будет производиться аэродинамический расчет. Как правило, здесь задают скоростной диапазон (до 12 м/с), однако можно задаться так же и максимальными удельными потерями в воздуховодах, если это необходимо. В программу могут быть уже встроены некоторые критерии, однако можно создать их вручную. Для создания критериев расчета кликаем правой кнопкой мыши и выбираем «Новый» (рис. 5). В появившемся окне задаем название комплекса критериев и необходимые нам критерии, нажав на кнопку «Добавить» – максимальную скорость, максимальные удельные потери давления (рис. 6). Нажимаем «Ок». Далее по ветке

выбираем раздел «Методы балансировки», в правой части окна проверяем наличие метода балансировки «Ventilation Limited Throttling 10/90%» (рис. 7). Этот метод позволяет делать увязку ответвлений с невязкой с главным направлением до 10%. Закрываем окно.

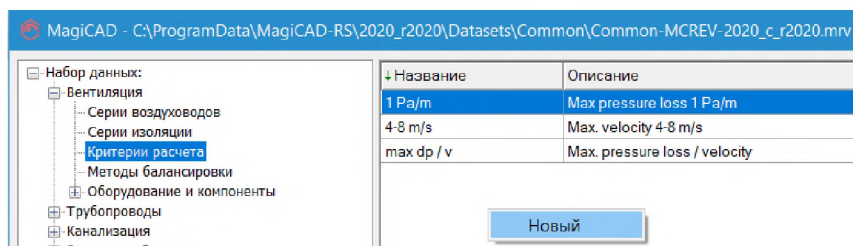


Рисунок 5 – Создание критериев для расчёта

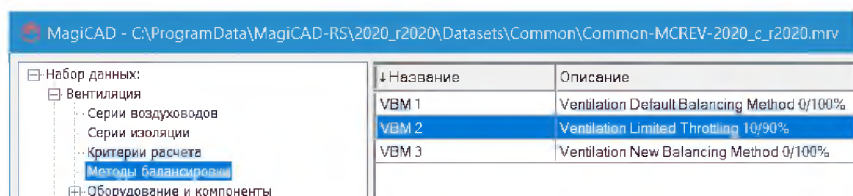


Рисунок 7 – Загрузка метода балансировки

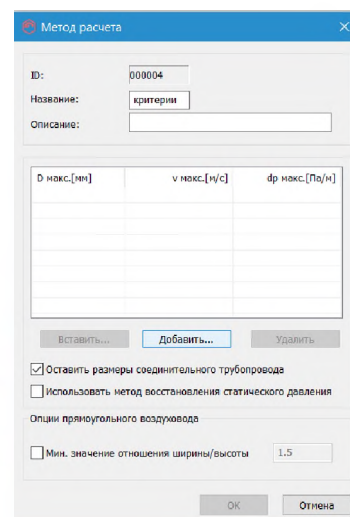


Рисунок 6 – Добавление критериев

Далее в этой же вкладке «MagiCAD Вентиляция» выбирается опция «Серия воздуховодов», в которой необходимо выбрать тип воздуховода, который необходимо загрузить в проект (ранее определили, что это Circular Duct). Из выпадающего списка выбираем необходимое (рис. 8). Нажимаем «Ок». Программа производит загрузку серии воздуховодов Circular Duct.

Далее выбираем на вкладке «MagiCAD Вентиляция» → «Воздуховод» (рис.9). В появившемся окне снова выбираем форму поперечного сечения воздуховодов Circular Duct и тип системы в графе слева («Приточный воздух»/ «Рециркулирующий воздух»/ «Удаляемый воздух»). Выбирается так же тип желаемого соединения воздуховодов: «Тройник» либо «Врезка» (рис.10). Нажимаем «Ок».

Следующим этапом является вычерчивание системы вентиляции с расстановкой воздухораспределителей заданной марки, которые загружаются в проект, на каждом из них устанавливается необходимый расход воздуха. Очень важно установить их именно того типа, который заложен по предварительным расчетам воздухораспределения, так как программа учитывает потери в этом оборудовании.

После вычерчивания всей схемы задачи (удаления) воздуха на той же вкладке «MagiCAD Вентиляция» выбирается опция «Расчеты» → «Балансировка» (рис.11).

В появившемся окне устанавливаем маркер Диапазон расчета: «Сеть», в выпадающем списке выбираем метод балансировки «Ventilation Limited Throttling 10/90%» (ранее загруженный). Нажимаем «Ок» (рис. 12).

Далее вместо курсора появляется значок, которым необходимо кликнуть по свободному концу вентиляционной системы (например, тот который выходит на крышу здания). В появившемся окне представляется отчет о произведенной балансировке, подборе диаметров и увязке ответвлений. Если подобранные диаметры и рассчитанные величины потерь давления являются приемлемыми для проекта, то необходимо кликнуть «ОК – Обновить модель», в результате чего программа автоматически поменяет диаметры воздуховодов в 3D-модели на те, которые были отображены в отчёте (рис. 13).

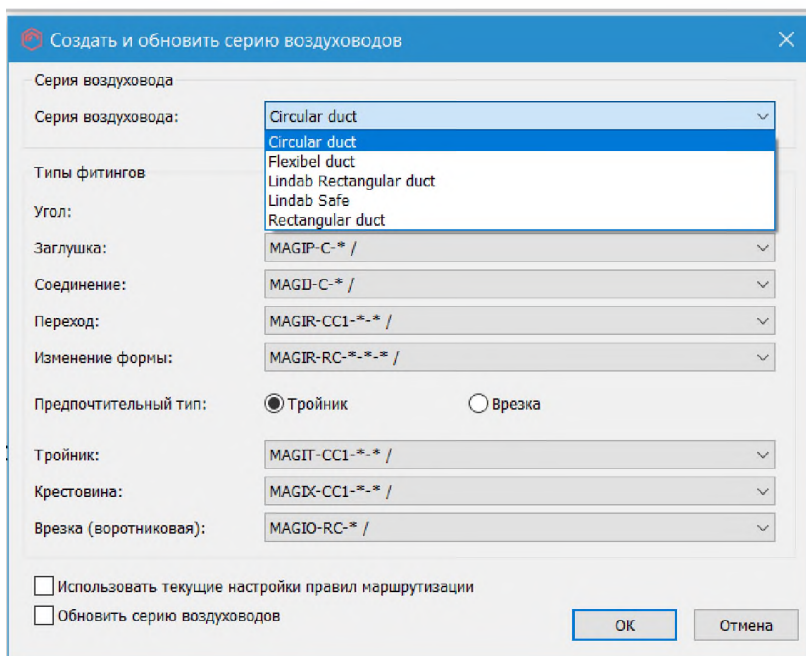


Рисунок 8 – Загрузка серии воздуховодов

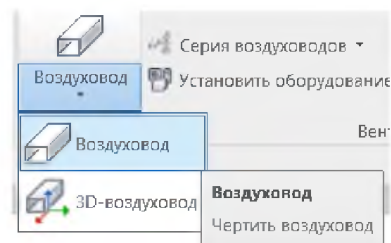


Рисунок 9 – Выбор режима черчения воздуховодов

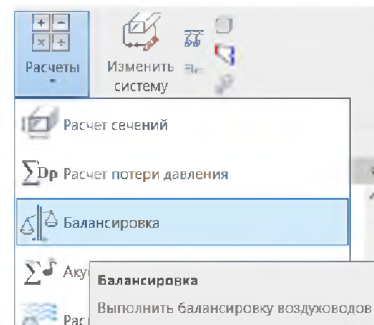


Рисунок 11 – Балансировка системы

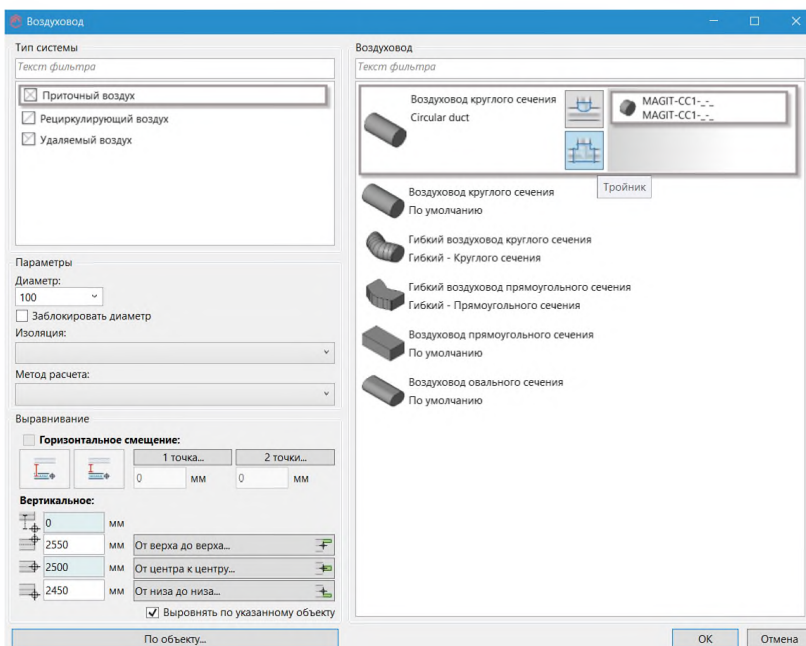


Рисунок 10 – Выбор формы поперечного сечения воздуховода

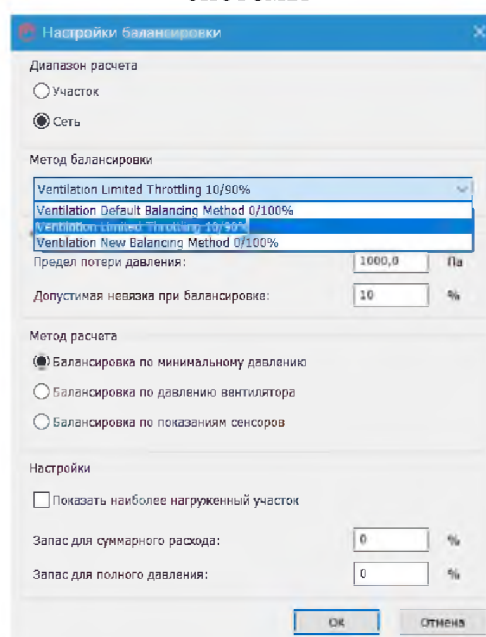


Рисунок 12 – Выбор метода балансировки системы

Так же стоит обратить внимание на установку клапанов на ответвлениях. Их можно внести в проект и до произведения расчётов, однако в любом случае их необходимо будет установить в местах, где программа указывает, что необходима увязка. Далее балансировку с установленными клапанами необходимо пересчитать.

Таким образом, аэродинамический расчёт в программе MagiCAD Revit является удобным форматом для проектирования и расчёта систем вентиляции и кондиционирования, однако при использовании данного метода расчёта исключается возможность контроля таких параметров, как скорость и ее нарастание по ходу движения расчёта, потери давления в местных сопротивлениях. Так же программа подбирает стандартные размеры воздуховодов, что не всегда может являться

эффективным решением. В мире IT-технологий программы для расчёта систем вентиляции и кондиционирования все больше развиваются и набирают популярность при разработке проектов.

| Располож | Уровень   | № уз | Тип      | Серия | Оборудов  | Размер     | L [м] | Изоляц       | qв [л/с] | qв [л/с] | η [л/с] | эфт [Па] | Кэфт  | эфт [Па] | рт [Па] | рт [Па] | Поз.кл | qв [л/с] | Предупрежден |
|----------|-----------|------|----------|-------|-----------|------------|-------|--------------|----------|----------|---------|----------|-------|----------|---------|---------|--------|----------|--------------|
|          | Уровень 3 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 630        | 1.4   | По умолчанию | 8976.0   | 8976.0   | 8.0     | 1.4      | 1.00  | 267.7    | 230.4   |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ОТВОД-90 | Сис   | MAGID-C1  | 630        | 0.6   | По умолчанию | 8976.0   | 8976.0   | 8.0     | 0.6      | 1.00  | 241.3    | 202.9   |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ОТВОД-90 | Сис   | MAGID-C1  | 630        |       |              | 8976.0   | 8976.0   | 8.0     | 26.1     | 0.679 | 240.7    |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 630        | 0.5   |              | 8976.0   | 8976.0   | 8.0     | 0.5      | 1.00  | 214.6    | 176.2   |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 | 4    | КРЕСТОВ  | Сис   | MAGIX-CC1 | 630/250/25 |       |              | 8976.0   | 8976.0   | 8.0     | 40.5     | 1.056 | 214.1    |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   |           | 250        | 0.3   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.2      | 0.94  | 173.6    | 162.8   |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 | 20   | РЕГУЛИР  | Сис   | SIRia     | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 96.6     |       | 173.4    |         | 0.32    | 100    |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 250        | 0.4   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.4      | 0.94  | 76.7     | 66.0    |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ОТВОД-45 | Сис   | MAGID-C1  | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 4.0      | 0.373 | 76.3     |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 250        | 0.1   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.1      | 0.94  | 72.3     | 61.6    |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ОТВОД-45 | Сис   | MAGID-C1  | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 4.0      | 0.373 | 72.2     |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 250        | 0.4   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.4      | 0.94  | 68.2     | 57.5    |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 | 2    | ПРИТОНН  | Сис   | COLIBRI C | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 67.8     |       | 67.8     |         | 0.90    | 100    |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 250        | 0.4   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.4      | 0.94  | 173.6    | 162.8   |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 | 21   | РЕГУЛИР  | Сис   | SIRia     | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 96.6     |       | 173.2    |         | 0.32    | 100    |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   |           | 250        | 0.3   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.2      | 0.94  | 76.6     | 65.8    |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ОТВОД-45 | Сис   | MAGID-C1  | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 4.0      | 0.373 | 76.3     |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 250        | 0.1   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.1      | 0.94  | 72.3     | 61.6    |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ОТВОД-45 | Сис   | MAGID-C1  | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 4.0      | 0.373 | 72.2     |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 250        | 0.4   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.4      | 0.94  | 68.2     | 57.5    |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 | 3    | ПРИТОНН  | Сис   | COLIBRI C | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 67.8     |       | 67.8     |         | 0.90    | 100    |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ПЕРЕКРОД | Сис   | MAGIX-CC  | 630/500    |       |              | 7480.0   | 7480.0   | 6.7     |          |       | 210.3    |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 500        |       |              | 7480.0   | 7480.0   | 10.6    | 7.3      | 2.24  | 210.3    | 143.1   |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 | 5    | КРЕСТОВ  | Сис   | MAGIX-CC1 | 500/250/25 | 3.3   |              | 7480.0   | 7480.0   | 10.6    | 69.3     | 1.032 | 202.9    |         |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   |           | 250        | 0.2   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.2      | 0.94  | 133.6    | 122.9   |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 | 22   | РЕГУЛИР  | Сис   | SIRia     | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 56.6     |       | 133.4    |         | 0.42    | 100    |          |              |
|          | Уровень 2 |      | СЕКМЕНТ  | Сис   | MAGID-C1  | 250        | 0.6   |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 0.5      | 0.94  | 76.9     | 66.1    |         |        |          |              |
|          | Уровень 2 |      | ОТВОД-45 | Сис   | MAGID-C1  | 250        |       |              | 748.0    | 748.0    | 4.2     | 4.0      | 0.373 | 76.1     |         |         |        |          |              |

Рисунок 13 – Отчет, предоставленный программой MagiCAD Revit

Список использованных источников:

1. Руководство по началу работы в программе Revit Autodesk <https://knowledge.autodesk.com>.

Джейгало В.В., Жук В.Г.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ДОМОВ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

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

Из-за стремления к экономии энергоресурсов вопрос об организации достаточного воздухообмена отошёл на второй план. Массово стали устанавливать пластиковые окна вместо деревянных в связи с их дешевой стоимостью и снижением затрат на отопление. Специалисты оценивают долю тепловых затрат на нагрев вентиляционного воздуха в 50-70% от общих затрат на обогревание жилья (для домов с современными энергосберегающими окнами и теплыми стенами).

В современных жилых домах особое внимание должно уделяться организации воздухообмена. Заменяя окна, жильцы через какое-то время начинают ощущать нехватку свежего воздуха в квартире. Решетки на кухне, в ванной и туалете — это пути выхода отработанного воздуха. Без входа свежего воздуха через окно вытяжка не работает. Ухудшение естественной циркуляции воздуха приводит к образованию

конденсата на окнах и откосах, росту плесени, появлению неприятных запахов, развитию заболеваний дыхательной системы.

Проблемы с вентиляцией, возникающие одновременно с применением герметично закрывающихся окон, нельзя решать старыми техническими средствами, рассчитанными на приток наружного воздуха через многочисленные щели в окнах. Не решают проблему и различные способы "микровентиляции", предлагаемые производителями профилей ПВХ. При таком способе небольшое количество внешнего воздуха через отверстия и щели, организованные в самом оконном профиле, попадает внутрь помещения и, разбавляя влажный воздух в районе оконной ниши, снижает вероятность запотевания стеклопакета. Но количество воздуха в 1-2 куб.м в час никак не соответствует нормам по притоку воздуха (30-60 куб.м в час).

В жилых помещениях должен быть организован именно постоянный и контролируемый процесс вентилирования. Мы предлагаем сделать это с помощью пассивного приточного устройства, такого как оконный клапан. Он предназначен для обеспечения помещений свежим воздухом. Такой приточный клапан можно устанавливать в оконные рамы различных размеров в квартирах, коттеджах, офисных зданиях.

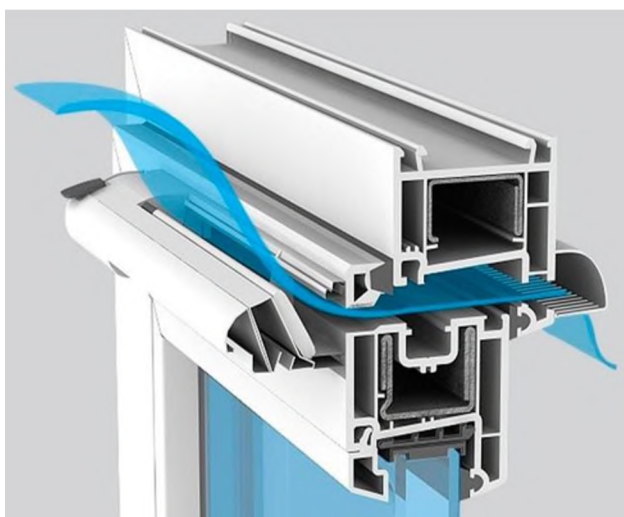


Рисунок 1 – Устройство приточного клапана

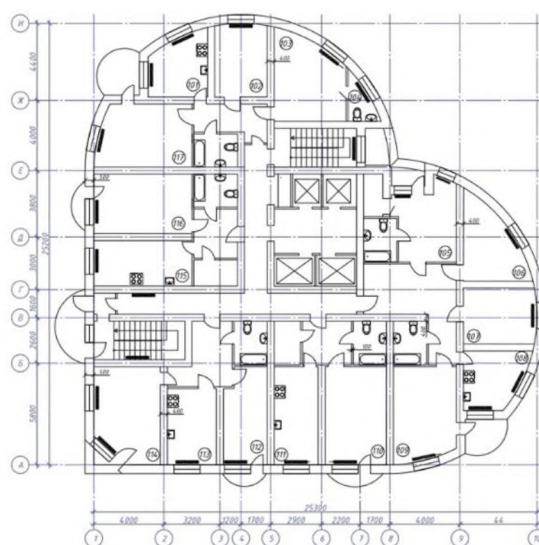


Рисунок 2 – План типового этажа

Например, стоимость клапана фирмы Air-Vox ECO с фильтром класса G3 26 бел.руб. Таким образом, мы решим проблему нехватки свежего воздуха в жилых помещениях при относительно малых затратах. При этом с помощью клапана можно регулировать воздухообмен. Это позволит снизить теплопотери.

Цель исследования — снижение тепловых потерь и организация комфортных параметров воздуха в помещении с помощью приточного клапана.

Объектом исследования является многоквартирный 7-этажный жилой дом в городе Горки. Общая площадь дома 3452м<sup>2</sup> (рисунок 2).

В нашей работе мы пересмотрели значение  $Q_{инф}$  – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещения. Нет необходимости поступления воздуха в помещение круглосуточно, так как определенную часть времени люди находятся вне дома.

Расчёты ведутся, учитывая постоянный приток инфильтрующегося воздуха. Мы учли среднее время отсутствия в будние дни большей части населения дома: с 9 до 17 часов. Произвели расчёт теплопотерь для двух ситуаций: при постоянном  $Q_{инф}$  и переменном в зависимости от времени суток.



Продолжительность отопительного сезона по данным СНБ 2.04.02-2000 [1] составила 205 дней. В качестве наружной температуры воздуха приняли не температуру наиболее холодной пятидневки ( $-26^{\circ}\text{C}$ ), а среднюю за отопительный период ( $-1,8^{\circ}\text{C}$ ). Расчёт теплопотерь был произведен по формуле:

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

В таблице 1 сведены значения теплопотерь за отопительный период, переведены в денежный эквивалент, а также выведена экономия. На 2022 год стоимость 1 Гкал – 21,9245 бел.руб. по субсидированному тарифу по [3].

Таблица 1. Итоговые данные

| Данные                      | Теплопотери за отопительный период, Гкал | Денежные затраты на отопление всего дома, бел.руб | Денежные затраты на отопление 1 м <sup>2</sup> , бел.руб | Экономия, % |
|-----------------------------|--|---|--|-------------|
| Постоянное $Q_{\text{инф}}$ | 204                                      | 4472,6  | 9,07   | 0           |
| Переменное $Q_{\text{инф}}$ | 166                                      | 3639,5  | 7,38   | 19          |

Таким образом, для ситуации с постоянным значением  $Q_{\text{инф}}$  теплопотери на порядок выше. А благодаря регулированию поступающего приточного воздуха мы получим экономию в размере 19% без вреда для микроклимата в помещении.

В случае применения приточного клапана и его регулирования мы получим вентиляцию по потребностям без всех недостатков конструкции окон ПВХ.

*Список использованных источников:*

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

**Мацкович О.А., Хведченя А.А.**

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И ДЕМАНГАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности водооснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов группы В-110. Научный руководитель: Андреюк С.В., к.т.н., доцент кафедры водооснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов.*

**Введение.** Во многих регионах РБ содержание железа в воде для большинства источников водоснабжения превышает допустимое рекомендациями СанПиН 2.1.4.1074-01. Ограничение на содержание железа в питьевой воде имеет ПДК равным 0,3 мг/л. Обезжелезивание является одной из самых насущных задач водоподготовки. Содержание железа в разных источниках водоснабжения значительно отличается как по форме соединений железа, так и по его суммарной концентрации. В поверхностных водах железо обычно встречается в виде органических и минеральных

комплексных соединений, либо коллоидных или тонкодисперсных взвесей. Преобладающей формой существования железа в подземных водах является бикарбонат железа (II), который устойчив только при наличии значительных количеств углекислоты и отсутствии растворенного кислорода. Наряду с этим железом встречается в виде сульфида, карбоната и сульфата железа (II), комплексных соединений с гуматами и фульвокислотами. Наряду с железом в подземной воде могут присутствовать марганец и сероводород, которые также необходимо удалять [2]. Гидроксид железа может присутствовать в воде в коллоидном состоянии, которое является одной из основных форм существования. Железо может быть переведено из этого комплекса в осадок двумя путями: естественным – при участии бактерий, разрушающих органическое вещество, и искусственным – в том числе с помощью сильных окислителей (таких как озон, хлор), уничтожающих защитные коллоиды.

**Мониторинг показателей качества воды хозяйственно-питьевых водопроводов централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения.** Согласно обработке данных протоколов испытаний качества проб воды хозяйственно-питьевых водопроводов г. Кобрин и Кобринского района из 20 участков 12 имеют превышения по концентрации железа после станции обезжелезивания (60% проб), 5% проб имеют превышения по концентрации марганца. Сопутствующими загрязнениями нередко являются превышения по цветности (до 60 град. при норме 20 град.) и мутности (до 4,1 мг/л при норме 1,5 мг/л).

Наряду с недостатками эксплуатационного характера технологические схемы обезжелезивания и деманганизации требуют разработки мероприятий по интенсификации процессов водоподготовки по снижению концентрации железа и марганца, с учетом существующих сооружений, в том числе с применением окислительно-сорбционных технологий.

В соответствии с планом проведения мероприятий технического (технологического, поверочного) характера специалистами Кобринского зонального ЦГиЭ периодически, а также по желанию водопотребителей обследованию подлежат индивидуальные источники водоснабжения.

Так, в 2019 г. 28 проб из 60 индивидуальных источников водоснабжения потребителей населенных пунктов Кобринского района (шахтные колодцы, скважины глубиной до 15-30 м) имели превышения по концентрации нитратов (47% проб).

Наличие железа ( $Fe^{2+}$ ) в подземных водах, наряду с нитратами, в концентрациях, превышающих предельно допустимые, является дополнительным фактором, определяющим состав технологической схемы водоподготовки для нецентрализованных локальных и индивидуальных систем питьевого водоснабжения.

**Схема очистки подземных вод от соединений железа, марганца и органических соединений.** При применении окислительно-сорбционных технологий очистки воды, учитывая ее высокую стоимость, особое значение имеет проведение предпроектных технологических изысканий, обеспечивающих оптимальную схему и наиболее экономичный режим эксплуатации.

При содержании в воде значительных количеств железа и марганца для более эффективного их окисления рекомендуется применять озонирование. Оптимальная доза озона определяется отдельно для каждого водисточника.

На рисунке 1 представлен вариант реконструкции традиционной технологической схемы обезжелезивания методом аэрации с фильтрованием на песчаных фильтрах: а – очистка подземной воды производится с предварительным озонированием и последующим фильтрованием на фильтрах двух типов загрузки. Этот метод может быть применен при небольших концентрациях трудноокисляемых

соединений железа (до 15 мг/л) и марганца (до 1 мг/л) в подземной воде. При повышенных концентрациях – целесообразно применять двухэтапную очистку воды (рисунок 1, б): на первом этапе удаляется железо с помощью упрощенной аэрации и фильтрования на песчаном фильтре, на втором этапе проводится окисление марганца озоном до нерастворимых соединений (что достигается при оптимальной дозе озона) и последующее их удаление фильтрованием на второй ступени песчаных или угольных фильтров.

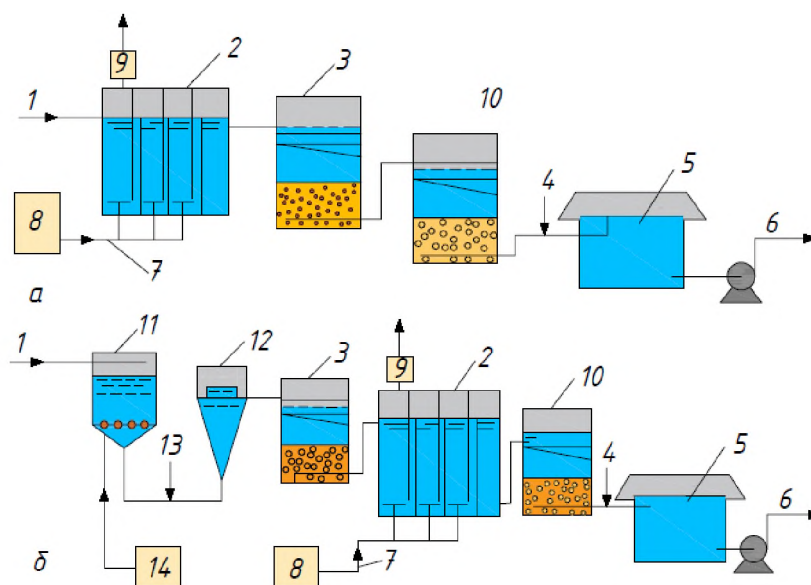


Рисунок 1 – Схемы очистки подземных вод от соединений железа, марганца и органических соединений:

а – при небольших концентрациях железа (до 15 мг/л) и марганца (до 0,6-1 мг/л);  
 б – при повышенных концентрациях марганца (до 4 мг/л) и железа (более 15 мг/л);  
 1 – подача подземной воды; 2 – контактная камера; 3 – песчаный фильтр; 4 – подача хлорреагента; 5 – резервуар чистой воды; 6 – подача очищенной воды потребителю; 7 – подача озоновоздушной смеси; 8 – блок подготовки воздуха и синтеза озона; 9 – аппарат каталитического разложения озона; 10 – угольный фильтр; 11 – дегазатор-аэратор; 12 – смеситель; 13 – подача коагулянта (в случае необходимости); 14 – турбовоздуходувка

Для рассмотренных выше случаев сорбционная ступень очистки на фильтрах с активным углем необходима при содержании в воде повышенных концентраций органических загрязнений природного или антропогенного происхождения, когда схемы с использованием озонирования не обеспечивают требуемого качества питьевой воды.

**Заключение.** Наличие железа в природных водах в концентрациях, превышающих предельно допустимые, является дополнительным фактором, определяющим состав технологической схемы водоподготовки. Важнейшими геохимическими условиями, способствующими накоплению железа и марганца в подземных водах, являются наличие бескислородной обстановки и отсутствие в водах осадителей ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HS}^-$  и др.). С глубиной содержание кислорода уменьшается. В подобных условиях традиционные схемы обезжелезивания и деманганации методом аэрации с фильтрованием на песчаных фильтрах не всегда позволяют достигнуть требуемый эффект очистки воды. Актуальными являются исследования по интенсификации работы и реконструкции технологических схем водоподготовки

централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения с применением окислительно-сорбционных технологий очистки воды.

*Список использованных источников:*

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник; под общ. ред И. В. Медведевой. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020. – 202 с.
2. Житенев, Б. Н. Технологические схемы обесцвечивания и обезжелезивания поверхностных вод белорусского полесья для использования в целях технического водоснабжения / Б. Н. Житенев, С. В. Андреюк // Сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 18–20 апреля 2012 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; под ред. А. А. Волчека [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2012. – С. 101–103.
3. Андреюк, С. В. Мониторинг качества подземных вод нецентрализованных систем питьевого водоснабжения на содержание нитратов / С. В. Андреюк, А. А. Острейко // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны : сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч. экол. конф. / под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2022.

**Шепетуха В.О.**

#### **КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

*Брестский государственный технический университет, студентка факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Кондиционирование воздуха — это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха на определенном уровне, для обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, для ведения технологических процессов, обеспечение сохранности ценностей культуры.

Системы кондиционирования снабжаются средствами для очистки воздуха от пыли, бактерий и запахов; подогрева, увлажнения и осушения; перемещения, распределения и автоматического регулирования температуры воздуха, его относительной влажности, а иногда и средствами регулирования газового состава и содержания заряженных ионов в воздухе; а также — средствами дистанционного управления и контроля.

В системах приточной вентиляции не предусматривается охлаждение воздуха. Между тем в летнее время, особенно в районах с жарким климатом, наружный воздух имеет температуру 30°C и более. Поэтому при обычной вентиляции в рабочей зоне помещений температуру воздуха можно поддерживать только на уровне 33–35°C, т.е. на 3–5°C выше наружной. Однако для хорошего самочувствия людей необходимо поддерживать следующие параметры: температура 22–25°C при относительной влажности не более 60% [1]. Такие параметры в помещении могут быть достигнуты только при искусственном охлаждении воздуха с помощью систем кондиционирования. СКВ используются не только в промышленных и административных зданиях, но и в жилых помещениях. Применение СКВ в

промышленности позволяет строго соблюдать параметры технологических процессов в различных производствах. Качество готовой продукции и производительность труда на современных предприятиях во многом зависит от работы СКВ.

Воздух – это очень подвижная среда, поэтому параметры его неоднородны, т.е. мы имеем множество значений поля параметров в рабочей зоне. Эти поля и определяют, в конечном счете, эффект применения систем кондиционирования воздуха. Пространственная неравномерность параметров зависит от системы воздухораспределения и условий внутри помещения. Временная неравномерность определяется окружающей средой и внутренними условиями. Требуемые параметры создаются в рабочей зоне. Рабочей зоной называют объем помещения в пределах высоты 2 метра [2].

Современные системы кондиционирования классифицируются:

- по своему назначению (объекту применения): комфортные и технологические;
- по принципу расположения кондиционера по отношению к обслуживаемому помещению: центральные и местные;
- по наличию собственного (входящего в конструкцию кондиционера) источника тепла и холода: автономные и неавтономные;
- по принципу действия: приточные, рециркуляционные и комбинированные;
- по способу регулирования выходных параметров кондиционируемого воздуха: с качественным (однотрубным) и количественным (двухтрубным) регулированием;
- по количеству обслуживаемых помещений (локальных зон): однозональные и многозональные;
- по степени обеспечения метеорологических условий в обслуживаемом помещении: первого класса – обеспечивают требуемые для технологического процесса параметры в соответствии с нормативными документами, второго класса – обеспечивают оптимальные санитарно-гигиенические или технологические нормы, третьего класса – обеспечивают допустимые нормы, если они не могут быть обеспечены вентиляцией в теплый период года без применения искусственного охлаждения воздуха;
- по давлению, развиваемому вентиляторами кондиционеров: низкого (до 1 кПа), среднего (от 1 до 3 кПа) и высокого давлений (выше 3 кПа).

Комфортные СКВ выбираются исходя из условий комфортного состояния для человека и предназначены для создания и автоматического поддержания параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты и скорости движения воздуха), отвечающих оптимальным санитарно-гигиеническим требованиям для жилых, общественных и административно-бытовых помещений.

Технологические СКВ предназначены для обеспечения параметров воздуха, в максимальной степени отвечающих требованиям производства. Технологическое кондиционирование в помещениях, где находятся люди, осуществляется с учетом санитарно-гигиенических требований к состоянию воздушной среды.

Центральные СКВ расположены вне обслуживаемых помещений и поддерживают заданные параметры либо в одном большом помещении, либо в нескольких зонах такого помещения или во многих отдельных помещениях. Иногда несколько центральных кондиционеров обслуживают одно помещение больших размеров (производственный цех, театральный зал, закрытый стадион или каток). Они снабжаются извне холодом (доставляемым холодной водой или хладагентом), теплом (доставляемым горячей водой, паром или электричеством) и электрической энергией для привода электродвигателей вентиляторов и насосов. Центральные СКВ обладают следующими преимуществами: возможностью эффективного поддержания заданной температуры и относительной влажности воздуха в помещениях; удобством

обслуживания и ремонта, так как сосредоточены в одном месте (подсобном помещении, техническом этаже и т.п.); возможностями обеспечения эффективного шумо-и виброгашения. Надо отметить, что крупные габариты и проведение сложных монтажно-строительных работ по установке кондиционеров, прокладке воздуховодов и трубопроводов часто приводят к невозможности применения этих систем в существующих реконструируемых зданиях.

Автономные СКВ снабжаются извне только электрической энергией, например, кондиционеры сплит-систем, шкафные кондиционеры и т.п. Кондиционеры сплит-систем состоят из внешнего блока (компрессорно-конденсаторного агрегата) и внутреннего блока (испарительного).

Автономные системы охлаждают и осушают воздух, для чего вентилятор продувает рециркуляционный воздух через поверхностные воздухоохладители, которыми являются испарители холодильных машин. В переходное и зимнее время они могут производить подогрев воздуха с помощью электрических подогревателей или путем реверсирования работы холодильной машины по циклу теплового насоса. Наиболее простым вариантом можно считать применение кондиционеров сплит-систем.

Неавтономные СКВ подразделяются на воздушные и водовоздушные (системы чиллеров-фанкойлов). Чиллер – холодильная машина, предназначенная для охлаждения жидкости (вода, незамерзающие жидкости). Некоторые модели чиллеров могут работать в режиме теплового насоса. Фанкойл – агрегат, устанавливаемый в помещении и содержащий теплообменник с вентилятором, фильтр, пульт управления. Воздух из помещения подается вентилятором на теплообменник фанкойла, в котором он охлаждается или подогревается.

Местные СКВ разрабатывают на базе автономных и неавтономных кондиционеров, которые устанавливают непосредственно в обслуживаемых помещениях. Достоинством местных СКВ является простота установки и монтажа. Такая система может применяться в жилых и административных зданиях для поддержания теплового микроклимата; во вновь строящихся зданиях для отдельных комнат, режим потребления холода в которых резко отличается от режима в большинстве других помещений.

Однозональные и многозональные СКВ. Однозональными называются системы, которые предназначены для создания и поддержания одинаковых параметров в одном или нескольких помещениях. Эти системы применяются, как правило, для помещений, в которых тепловыделения распределены равномерно. Многозональные системы применяются для одного или нескольких помещений, разделенных на отдельные зоны, требующих индивидуального регулирования температуры и влажности.

Прямоточные СКВ полностью работают на наружном воздухе, который обрабатывается в кондиционере, а затем подается в помещение. Рециркуляционные СКВ, наоборот, работают без притока или с частичной подачей (до 40%) свежего наружного воздуха, т.е. на рециркуляционном воздухе (от 60 до 100%), который забирается из помещения и после его обработки в кондиционере вновь подается в это же помещение.

Центральные СКВ с качественным регулированием метеорологических параметров представляют собой широкий ряд наиболее распространенных, так называемых одноканальных систем, в которых весь обработанный воздух заданных параметров выходит из кондиционера по одному каналу и поступает в одно или несколько помещений. При этом регулирующим сигналом от терморегулятора,

установленного в обслуживаемом помещении, поступает непосредственно на центральный кондиционер.

СКВ с количественным регулированием подают в одно или несколько помещений холодный и подогретый воздух по двум параллельным каналам. Температура в каждом помещении регулируется комнатным терморегулятором, воздействующим на местные смесители (воздушные клапаны), которые изменяют соотношение расходов холодного и подогретого воздуха в подаваемой смеси. Двухканальные системы используются очень редко из-за сложности регулирования, хотя и обладают некоторыми преимуществами, в частности, отсутствием в обслуживаемых помещениях теплообменников, трубопроводов тепло- и холодоносителя; возможностью совместной работы с системой отопления, что особенно важно для существующих зданий, системы отопления которых при устройстве двухканальных систем могут быть сохранены. Недостатком являются повышенные затраты на тепловую изоляцию параллельных воздухопроводов, подводимых к каждому обслуживаемому помещению [2].

*Список использованных источников:*

1. Богословский, В.Н. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: учебник для вузов / В.Н.Богословский, О.Я.Кокорин, Л.В.Петров. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с
2. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие/ П.И. Дячек. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 676 с.

**Вершко Р.В.**

## **АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ГАЗОВЫМ КОТЛОМ**

*Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Система отопления относится к инженерным сетям зданий и является системой жизнеобеспечения, предназначенная для поддержания в помещениях оптимальной температуры. Без этого постоянное пребывание людей в зданиях невозможно.

В холодное время года человек вынужден обеспечивать в помещениях внутреннюю температуру воздуха выше наружной. Процесс поддержания такой внутренней температуры называется отоплением. Тепловая энергия, подаваемая в помещение системой отопления, передается внутреннему воздуху, и в то же время от внутреннего воздуха поток тепла через наружные ограждения направлен из помещения наружу. Баланс этих двух процессов обуславливает температуру внутреннего воздуха.

Рассмотрим систему водяного радиаторного отопления с горизонтальной разводкой труб и напольного отопления индивидуального жилого дома (рис.1, 2). Так как проектируем индивидуальный жилой дом, то необходим одноконтурный газовый котёл, который будет располагаться в котельной на 1 этаже в помещении 2. Магистральные стояки располагаем вертикально в котельной, т.к. это обеспечит доступ

к распределителю в любое время. Гребёнки для радиаторного отопления отсутствуют, так как напольное отопление является основным видом отопления в доме.

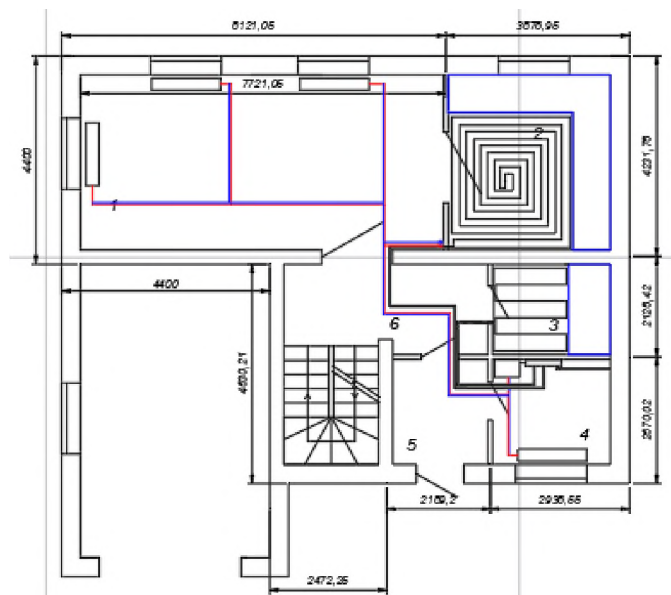


Рисунок 1 – План первого этажа с разводкой трубопроводов

Достоинства водяной системы отопления с газовым котлом:

- низкая стоимость обслуживания и эксплуатации;
- теплота передаётся путём излучения, что более комфортно для человека.

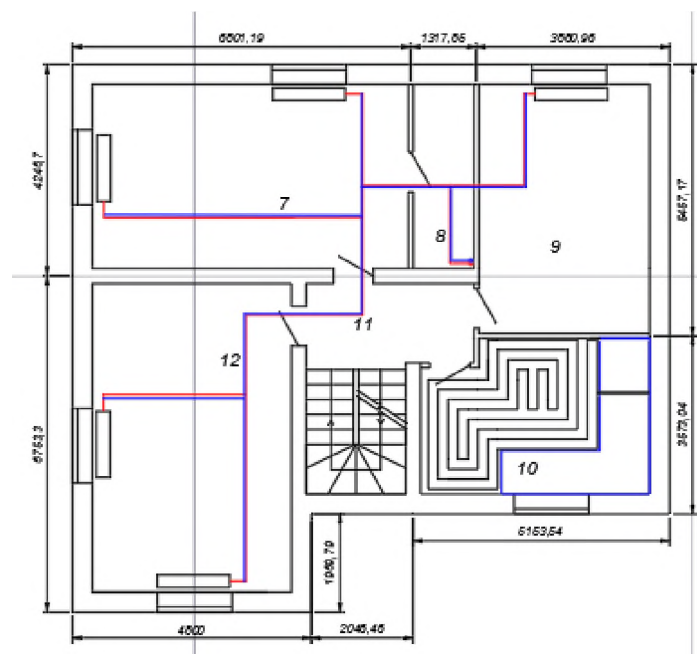


Рисунок 2 – План второго этажа с разводкой трубопроводов

Недостатки водяной системы отопления с газовым котлом:

- необходима разрешительная документация на установку газового котла;
- необходима установка воздухопроводов для притока воздуха в камеру сгорания и отвода дыма (если не использовать стандартный дымоход);
- если котёл с открытой камерой сгорания, необходимо соблюдение требований пожарных и газовых служб для помещения котельных;
- большая инерционность.



Таблица 1. Экономический расчет водяного отопления индивидуального жилого дома газовым котлом

| Наименование                    | шт. | м.    | Цена, руб. | Итоговая цена, руб. |
|---------------------------------|-----|-------|------------|---------------------|
| <b>Монтаж</b>                   |     |       |            |                     |
| Обвязка котла                   | 1   |       | 240        | 240                 |
| Обвязка отопительного прибора   | 9   |       | 80         | 720                 |
| Тёплый пол                      |     |       | 400        | 400                 |
| Подвод холодной воды к котлу    | 1   |       | 40         | 40                  |
| <b>Оборудование</b>             |     |       |            |                     |
| Секция чугунного радиатора      | 75  |       | 55         | 4125                |
| Труба полипропиленовая (за 2 м) |     | 102,6 | 12         | 615,6               |
| Газовый котёл                   | 1   |       | 1800       | 1800                |
| Фитинги                         |     |       |            | 250                 |
| Труба полиэтиленовая (за 25 м)  |     | 126   | 30         | 151,2               |

Итоговая стоимость монтажа систем радиаторного отопления и тёплого пола – 1360 руб. (цены приведены на 09.04.2022 г.).

Суммируя всю стоимость оборудования получим – 6981,8 руб. Как видно из таблицы наиболее дорогое оборудование это отопительные приборы.

За 6 месяцев отопительного сезона индивидуальный жилой дом расходует 1700 м<sup>3</sup> газа, 1 м<sup>3</sup> = 0,14 руб. следовательно в итоге получаем 238 руб.

Итоговая стоимость системы водяного радиаторного отопления с горизонтальной разводкой труб и напольного отопления индивидуального жилого дома с газовым котлом – 8579,8 руб.

*Список использованных источников:*

1. СН 4.02.03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2019.
2. Технический каталог продукции компании «ГЕРЦ Арматурен», 2018.

**Юрик А.Ю., Нелиповец М.А.**

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ОКРАСОЧНЫХ ЦЕХОВ**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Покрасочный цех необходим для осуществления работ по внутренней и внешней покраске различных объектов (металлических конструкций, автомобильного и железнодорожного транспорта, воздушных аппаратов, деревянных изделий и другие). Окраску мелких изделий осуществляют в шкафах, крупных — в камерах или на решетках, заделанных в полу с нижним отсосом. Кроме этого, в покрасочном цехе приготавливают краски, эмали, грунты, шпаклевки, смывки, растворители и другие лакокрасочные материалы. Поверхности узлов и готовых изделий подвергают —

антикоррозионному и декоративному покрытию — лакокрасочными материалами. Технологию нанесения лакокрасочных покрытий можно разделить на четыре последовательно выполняемые — основные операции: подготовка (обезжиривание и очистка), грунтовка, шпаклевка и окраска. Между основными операциями выполняют промежуточные: сушку (искусственную в сушильных камерах или естественную в помещении), мокрое шлифование, промывку, протирку. Перед окраской поверхность окрашиваемых деталей очищают от ржавчины и обезжиривают. Необходимое количество лакокрасочного материала готовится в краскоприготовительном отделении цеха путем разбавления полуфабриката соответствующим растворителем.

В окрасочных цехах применяют водоразбавляемые материалы, а также окрасочные материалы на основе масляной, поликонденсационных и полимеризационных смол или органических растворителей. В качестве растворителей наиболее часто применяют ароматические углеводороды: толуол, ксилол, сольвент, спирты (бутиловый и этиловый), эфиры (бутил-этилоцетаты), углеводороды (бензины и уайт-спирит). Основными производственными вредностями в окрасочных цехах являются растворители и их пары, которые являются легко воспламеняющимися жидкостями, а пары взрывоопасными. Кроме того, все лакокрасочные покрытия — легкогорючие вещества. Поэтому окрасочные цеха должны быть оборудованы системой вентиляции. В окрасочных цехах, у мест выделения вредных веществ, например, ванн окунания, установок облива, окрасочных и сушильных камер, постов и агрегатов очистки и подготовки поверхностей и др., должна быть установлена местная вытяжная вентиляция (местные отсосы).

Устройство вентиляции в таких цехах зависит главным образом от способов нанесения лакокрасочных материалов на различные по размеру изделия: кистями, валиками, окунанием, обливанием, распылением ручными краскораспылителями, распылением в электрическом поле высокого напряжения. Способ окраски и оборудование выбирают технологи.

Плотность большинства паров растворителей обычно выше плотности воздуха, поэтому вытяжные системы общеобменной вентиляции должны обеспечивать удаление из нижней зоны  $2/3$  количества воздуха, рассчитанного на ассимиляцию паров растворителей, включая количество воздуха, поступающего в системы местных отсосов, и  $1/3$  воздуха — из верхней. Если же плотность вредностей меньше плотности воздуха, из нижней зоны удаляется  $1/3$  упомянутого количества воздуха, включая количество воздуха, поступающего в системы местных отсосов, и  $2/3$  — из верхней.

При наличии местной вытяжной вентиляции в помещениях высотой более 6 м следует предусматривать удаление воздуха из верхней зоны помещения из расчета  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади пола, для помещений высотой менее 6 м вытяжка из верхней зоны должна равняться однократному обмену за 1 ч. Удалять воздух необходимо на расстоянии 0,4 м от перекрытия отдельной системой.

Если в помещении кроме окраски проводятся также работы по шпатлевке и зачистке шпатлеванной поверхности, необходимо устраивать местную пылеотсасывающую вентиляцию независимо от системы, предназначенной для удаления паров растворителей.

Приточный воздух подается рассеянно в верхнюю зону с небольшой скоростью (перфорированные воздуховоды или потолки, плафоны). Подача приточными системами должна быть примерно на 5 % меньше количества воздуха, удаляемого системами вытяжной вентиляции. Устройство естественного притока не допускается, так как пыль в поступающем воздухе может привести к браку производимой продукции. Вентиляционные системы окрасочных отделений и участков, а также

краскозаготовительных отделений нельзя объединять с вентиляционными системами других производств. Не разрешается объединять в одну систему местные отсосы от окрасочных камер, ванн окунания и другого окрасочного оборудования. Системы местных отсосов и системы общеобменной вытяжной вентиляции проектируются отдельными. Аварийная вентиляция окрасочных цехов и участков не предусматривается, не допускается также рециркуляция воздуха. Вентиляторы вытяжных систем от окрасочного и сушильного оборудования должны быть в искрозащищенном исполнении.

Сушка изделий, окрашенных масляными красками, обычно производится в сушилах — камерных, рециркуляционных с электроподогревом и встроенным вентилятором, пуск и остановка которого сблокированы с дверцами. Нитрокраски сушатся при нормальной температуре на открытых стеллажах, оборудованных местными отсосами — щелевыми или панелями. Скорость во всасывающем отверстии щелевых отсосов принимают равной 3...4 м/с при выделении ксилола, толуола и бензола, и 2...3 м/с при выделении уайт-спирита, скипидара и других растворителей. При выделении бензола, ксилола и толуола скорость в живом сечении панелей принимается равной 3,5...4,5 м/с. При пульверизационной или электростатической окраске на конвейере сушка окрашенных изделий производится в проходных туннельных сушилах.

Помещения краскозаготовительных отделений и лабораторий оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией с кратностью воздухообмена не менее  $10^{-1}$  ч.

*Список использованных источников:*

1. Волков, О. Д. Проектирование вентиляции промышленного здания : учеб. Пособие / О. Д. Волков. – Харьков : Выща школа : Изд-во при ХГУ, 1989.
2. Торговников, Б. М. Проектирование промышленной вентиляции : справочник / Б. М. Торговников, В. Е. Табачник, Е. М. Ефанов. – Киев : Будивельник, 1983.

**Петрукович А.С., Каперейко Ю.В.**

### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАЮЩЕГО ТИПА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Создание и поддержание оптимальных параметров микроклимата помещений общественных зданий в настоящий момент возможно благодаря системам кондиционирования воздуха. Важную роль в создании комфортных климатических условий играет воздухораспределение, осуществляемое различными видами воздухораспределителей исходя из двух установившихся принципов: смешивания и вытеснения. Организация воздухообмена по принципу “смешивания” выделяющейся вредности основана на принципе разбавления внутреннего загрязнённого воздуха чистым приточным воздухом таким образом, чтобы средняя концентрация вредности по всему объёму обслуживаемого помещения соответствовала установленным

требованиям. Однако поле концентраций вредности в помещении, формируемое данной системой, неравномерно ввиду локального характера расположения воздухораспределителей. Степень ассимиляции вредных выделений равна примерно 50%. Наиболее распространены смешивающие системы с подачей воздуха выше рабочей зоны, т.е. воздухораспределителями расположенными в верхней части помещения [1].

Для анализа эффективности смешивающей СКВ возьмем модель помещения конференц-зала на 100 человек объемом 1164 м<sup>3</sup> с разветвленной приточно-вытяжной системой кондиционирования для города Пружаны. Расчётное помещение имеет категорию 3а – помещение с массовым пребыванием людей, в котором люди находятся преимущественно в положении сидя без верхней одежды [2].

Таблица 1. Расчётные параметры воздуха

| Периоды года | Наружный воздух                                     |  |                                | Внутренний воздух                                     |   |
|--------------|---|--|--------------------------------|---|---|
|              | Температура наружного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$ | Энтальпия наружного воздуха $I_n, \text{кДж/кг}$ | Скорость ветра $v, \text{м/с}$ | Температура внутреннего воздуха $t_v, ^\circ\text{C}$ | Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi, \%$ |
| Тёплый       | 24,8  | 50,4   | 2,5                            | 25  | 60  |
| Холодный     | -22   | -20,5  | 3,2                            | 20  | 30  |

Таблица 2. Количество вредных выделений в расчётном помещении.

| Объем помещения, м <sup>3</sup> | Расчетный период | Тепловые избытки кДж/ч |        | Влаговыведения, кг/ч | Газовые выделения л/ч |
|---------------------------------|------------------|------------------------|--------|----------------------|-----------------------|
|                                 |                  | Явные                  | Полные |                      |                       |
| 1164                            | ТП               | 81965                  | 108695 | 10,64                | 2501                  |
|                                 | ХП               | 39164                  | 56480  | 6,94                 | 2501                  |

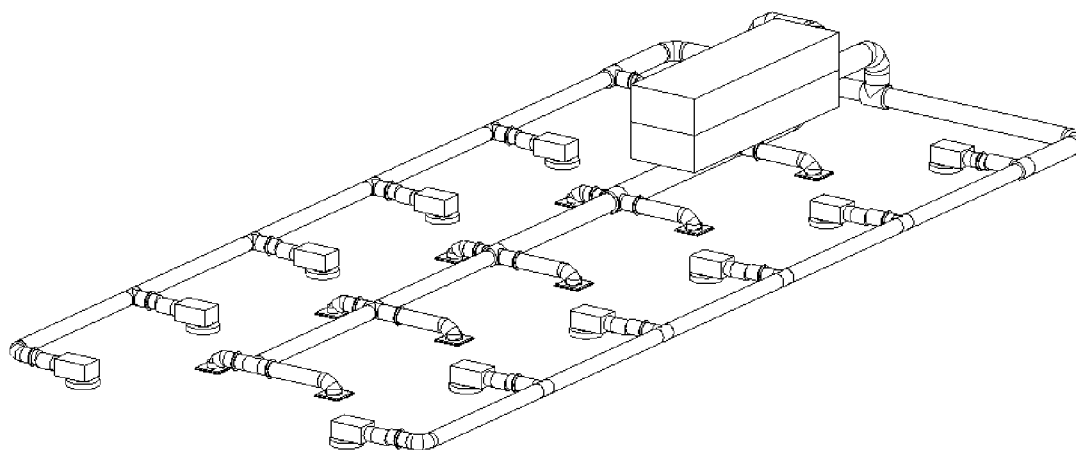


Рисунок 1 – 3D модель смешивающей системы кондиционирования помещения

По результатам проведенных расчетов получаем, что в смешивающей СКВ: температуры приточного воздуха для теплого и холодного периода составили соответственно 19<sup>°</sup>С и 16,5<sup>°</sup>С. Температуры удаляемого воздуха:  $t_{уд}^{ТП} = 28,1^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{уд}^{ХП} = 20,8^{\circ}\text{C}$ . Расчётный воздухообмен  $G_{п}^p = 7469 \text{ м}^3 / \text{ч}$ .

При расчёте воздухораспределения при помощи программы MagiCaD Connect были подобраны воздухораспределители EAGLE Sb-400-RO в количестве 12 штук в качестве приточных устройств. В качестве вытяжных устройств приняты DA-370-T-315 в количестве 10 штук. Аэродинамический расчёт произведен в программном

комплексе MagiCaD 2020 for Revit 2020. Потери давления в приточной сети СКВ по главному направлению составили  $\Delta P = 215$  Па. Потери давления в вытяжной сети СКВ по главному направлению  $\Delta P = 218$  Па.

Таблица 3. Диаметры воздуховодов и их метраж, применяемые при проектировании смешивающей СКВ

| Длина, м. | Диаметр, мм |
|-----------|-------------|
| Приток    |             |
| 2,20      | 500         |
| 12,20     | 400         |
| 36,60     | 315         |
| Вытяжка   |             |
| 17,40     | 315         |
| 3,90      | 400         |
| 7,60      | 500         |

Смешивающие СКВ наиболее целесообразно применять в общественных зданиях без повышенных требований к климатическим условиям в помещении. Такие системы поддерживают оптимальные параметры микроклимата при относительно малых воздухообменах и метражах распределительной сети воздуховодов. Кроме того, воздуховоды таких систем, располагаемые под потолком, возможно скрыть за подшивными потолками, не нарушая таким образом интерьер помещений. Однако, такие системы проигрывают вытесняющим в обеспечении комфортных условий и точности их поддержания.

*Список использованных источников:*

1. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебное пособие, 2017 – Дячек П.И.
2. СН 4.02.01-03-2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
3. Методические указания, Часть 1 «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», 2021 г. – Янчилин П.Ф.

**Емельянова А.П., Терей В.А.**

### **МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРИТОЧНАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Системы механической вентиляции применяются там, где недостаточно естественной вентиляции. В механических системах используется оборудование и приборы (вентиляторы, фильтры, воздухонагреватели и т.д.), позволяющие перемещать, очищать и нагревать воздух. Такие системы вентиляции могут удалять или подавать воздух в вентилируемые помещения независимо от условий окружающей среды. Если выделяющиеся в помещении тепло, влага, газы, пыль, запахи или пары жидкостей поступают непосредственно в воздух всего помещения,

то устанавливают общеобменную вентиляцию. Общеобменные вытяжные системы относительно равномерно удаляют воздух из всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные системы подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения. В этом случае рассчитывается объем вытяжного воздуха таким образом, чтобы после его замещения приточным загрязнение воздуха упало бы до величин предельно допустимой концентрации (ПДК).

Кроме того, имеет место пункт 7.1.3 СН 4.02.03-2019, который указывает, что вентиляцию с искусственным побуждением следует предусматривать: а) если параметры микроклимата и чистота воздуха не могут быть обеспечены вентиляцией с естественным побуждением; б) для помещений без проветривания. Разрешается проектировать смешанную вентиляцию с частичным использованием естественного побуждения для притока или удаления воздуха. Гибридная вентиляция – вентиляция, в холодный период года работающая как естественная за счет гравитационного и ветрового напоров. В теплый и переходный периоды года побуждение движения воздуха обеспечивается механическими устройствами. Помимо обеспечения гарантированной вытяжки, необходимо обеспечить и гарантированный приток.

Приточные системы служат для подачи в вентилируемые помещения чистого воздуха взамен удаленного, и за счет вытеснения или разбавления удалять теплоизбытки, запахи и вредные вещества, снижать уровень углекислого газа. Основная задача приточных систем вентиляции – обеспечить оптимальный приток свежего воздуха в помещение.

Приточный воздух в необходимых случаях подвергается специальной обработке (очистке, нагреванию, увлажнению и т.д.). Встроенные системы фильтрации способны удалять из приточного воздуха крупную пыль и мелкодисперсные частицы, летучие органические соединения. Нагрев поступающего воздуха позволяет устройству работать целый год независимо от сезона. В холодную погоду можно подогревать воздух и создавать нужную температуру в помещении.

Исходя из этих задач, выделим несколько основных характеристик, на которые стоит обратить внимание при выборе приточной установки:

1. Производительность. Показывает, какой объем воздуха подаёт устройство в час.
2. Степень фильтрации воздуха. В зависимости от типа фильтров будет различаться степень очистки.
3. Возможность нагрева воздуха.

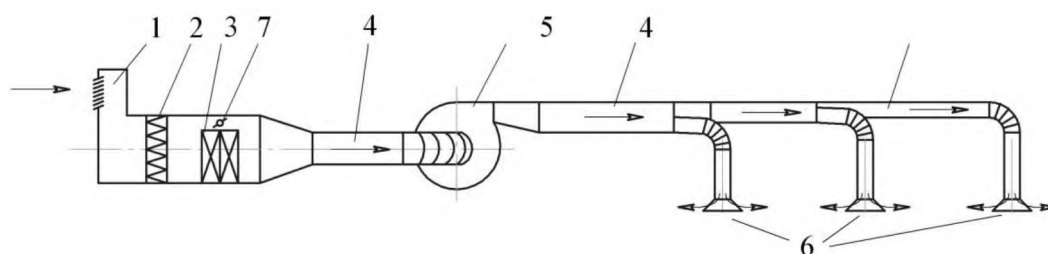


Рисунок 1 – Схема приточной вентиляции

Схема приточной механической вентиляции (рис.1) включает: воздухозаборное устройство 1; фильтр для очистки воздуха 2; воздухонагреватель (калорифер) 3; вентилятор 5; сеть воздуховодов 4 и приточные патрубки с насадками 6. Если нет необходимости в подогреве приточного воздуха, то его пропускают непосредственно в производственные помещения по обводному каналу 7.

Помещения могут быть оборудованы только системами приточной вентиляции. В таких случаях в помещение подается определенное расчетом количество воздуха.

Удаление воздуха может происходить неорганизованно через неплотности в строительных ограждениях или через специально для этих целей предусмотренные вытяжные отверстия. В установившемся состоянии количество приточного воздуха всегда равно количеству удаляемого воздуха независимо от суммарной площади неплотностей или отверстий в строительных конструкциях. Приточными системами, как правило, оборудуются наиболее «чистые» помещения, так как воздух движется из этих помещений, а не наоборот.

Кроме того, возможно применение отдельных приточных устройств. Приточные устройства позволяют решить две задачи: во-первых, обеспечить необходимую норму расхода воздуха, исключив тем самым его перерасход при открывании окон для проветривания; во-вторых, исключить сверхнормативные расходы при низких температурах наружного воздуха. Для автоматического регулирования расхода воздуха в качестве датчиков управления авторегулируемыми приточными клапанами могут использоваться датчики перепада давления, влажности внутреннего воздуха, освещенности, присутствия людей и т. д.

Основные плюсы приточной вентиляции:

- имеет функцию регулировки температурного режима и объемов поступающего воздуха;
- отличается компактными размерами и высокой функциональностью;
- может одновременно подогревать и очищать атмосферу;
- отсутствие сквозняков;
- организованный воздухообмен;
- нет затхлости воздуха;
- расходы на подогрев приточного воздуха;
- отсутствие шумов через открытые окна;
- отсутствие попадания пыли через окна;
- возможность централизованного увлажнения;
- возможность централизованного ионизирования воздуха;
- возможность поставить фильтры запахов.

Основные минусы приточной вентиляции дома:

- расходы на нагрев приточного воздуха;
- надежность (по сравнению с естественной системой вентиляции);
- стоимость;
- нуждается в системе шумоподавления;
- требует периодического техобслуживания и ремонта;
- требует отдельного места для установки, удаленного от жилых помещений.

Система механической вентиляции работает круглосуточно и круглогодично без остановок, что обеспечивает всегда комфортный воздухообмен во всех помещениях, отсутствие сквозняков, комфортную температуру приточного воздуха.

В помещении с механической вентиляцией, как правило, не бывает повышенной влажности, нет ощущения затхлости и ощущения нехватки кислорода. По субъективным ощущениям в помещениях оборудованной приточной механической вентиляцией комфортнее находиться. У человека улучшается самочувствие, повышается работоспособность и снижается утомляемость. В зданиях оборудованных приточной механической вентиляцией значительно тише, чем в домах, оборудованных естественной системой вентиляции.

*Список использованных источников:*

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19 (с отменой СНБ 4.02.01-03). – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 68 с.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Б. М. Хрусталева [и др.] ; под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – М.: АСВ, 2008. – 783с.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://baltservice.net/>. – Дата доступа: 13.04.2022.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://бризекс.рф/>. – Дата доступа: 13.04.2022.
5. Шилкин Н. В. Гибридная вентиляция в многоквартирных жилых домах: варианты решения / Н. В. Шилкин [и др.] // АВОК. – 2018. – № 5. – С. 12–22.
6. Шилкин Н. В. Возможности энергосбережения в системах с регулируемой естественной вентиляцией / Н. В. Шилкин, Н. А. Шонина, Ю. В. Миллер // Энергосбережение. – 2018. – № 2. – С. 16–24.

**Лавринович А.Н.**

**ПРОБЛЕМЫ ЗАВОЗДУШИВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ  
СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ И ИХ РЕШЕНИЯ**

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

Воздушные пробки — частая причина нарушения работы системы отопления. Холодные стояки или радиаторы отопления, шум в трубах все это вызвано воздухом в системе отопления. Покажем, как именно они мешают работе СВО, и опишем способы удаления воздуха из системы. Воздух в системе отопления — это довольно частое явление в начале отопительного сезона. Даже в хорошо спроектированной и грамотно смонтированной системе могут возникать воздушные пробки.

Причин появления воздуха в системе отопления может быть несколько:

- При проведении ремонта системы отопления необходимо слить воду. В этот момент система заполняется воздухом. По окончании ремонта системы заполняют вновь, но воздух в ней остается.
- При замене отопительных приборов, как и при ремонте, сливают часть воды. При этом в систему попадает воздух.
- После ремонта или замены радиаторов необходимо правильно запустить систему отопления и удалить весь воздух. Работа эта длительная. Часто торопятся и нарушают технологию. После запуска благодаря остаткам воздуха нарушается работа системы отопления.
- В холодной воде содержится большое количество воздуха, который при нагревании высвобождается и образует воздушные пробки.
- Часто причиной появления воздуха становятся алюминиевые радиаторы отопления. Этот тип радиаторов склонен к газообразованию. Газы, образовавшиеся при коррозии радиатора, создают воздушную пробку.



- Коррозия труб системы отопления — это неизбежный процесс. При коррозии в теплоноситель выделяются различные газы, которые могут стать причиной воздушных пробок.

- Причиной завоздушивания системы отопления могут быть неправильно работающие клапаны автоматического сброса воздуха. Загрязненность теплоносителя может вызвать закупорку клапанов. В результате чего нарушится их работа, и воздух не сможет выйти из системы. [1]

**Методика эксперимента.** Исследования проходили на лабораторном стенде с двумя разными видами подключения отопительных приборов:

- Горизонтальная двухтрубная СВО (конвектор и стальной-панельный радиатор при диагональном подключении);
- Вертикальная однотрубная СВО (чугунный радиатор со смещенным участком и алюминиевый радиатор с осевым участком)



Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда

Измерив температуры подающего и обратного трубопровода при подключении радиатора, а так же делали тепловизионную съемку каждого прибора. На рисунках 2-5 представлены тепловизионные съемки каждого отопительного прибора. Воздух в системе есть, и его немало. А значит, отопительный прибор греет хуже, чем должен, так как вся голубая и желтая часть диаграммы показывает, что в этом месте он холодный или слабопрогретый.

**Методы удаления воздуха из СВО.** Воздух является врагом СВО, его необходимо удалять из системы отопления. Для этого есть несколько способов удаления воздуха из СВО:

1. Ручной воздухоотводчик. В вертикальных системах запорная арматура монтируется на все приборах верхнего этажа, а в горизонтальных – на все радиаторы. Запорная арматура должна быть присоединена в верхней части радиатора, напротив входа горячего водоснабжения. Относительно простой способ спуска воздуха с отопления.

2. Автоматический воздухоотводчик. Особенность автоматических воздушных клапанов заключается в разных видах исполнения: угловые, прямые и радиаторные. Удаление воздушной пробки осуществляется посредством наивысших точек в трубопроводной сети. Угловые и радиаторные конструкции монтируются в труднодоступных местах.

3. Сепараторы воздуха. Устройство отведения воздуха из трубопроводной сети используется в верхней части системы отопительного контура и обеспечивает сбор

воды, обогащённой частицами воздуха. Весь растворённый воздух трансформируется в пузыри, после чего полностью и удаляется. Выбор модели зависит от конструктивных характеристик сети, температурного режима теплового носителя, расположения трубопровода и других технических параметров.

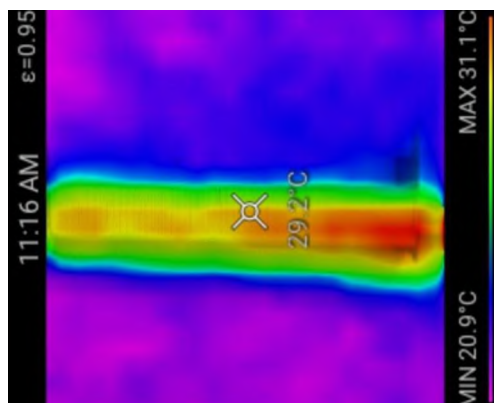


Рисунок 2 – Тепловизионная съемка конвектора

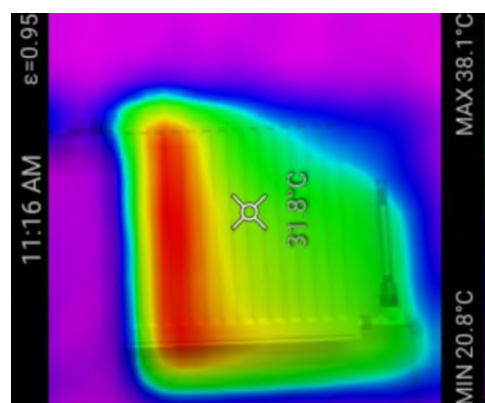


Рисунок 3 – Тепловизионная съемка стального панельного радиатора

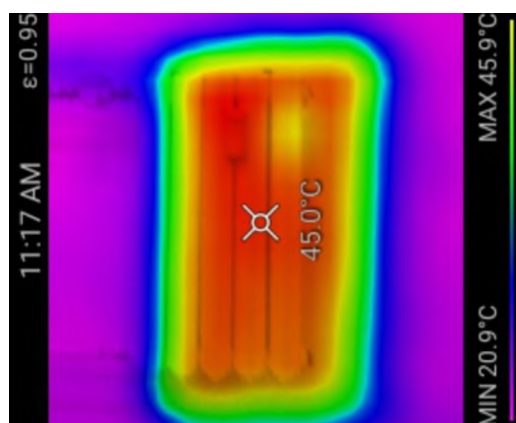


Рисунок 4 – Тепловизионная съемка чугунного радиатора

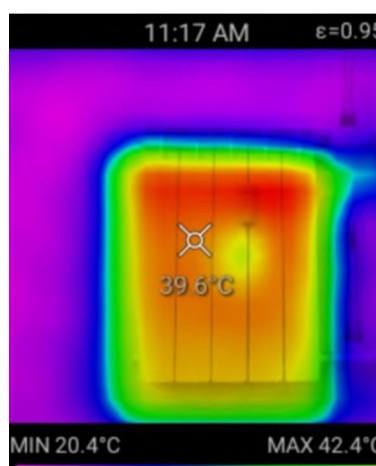


Рисунок 5 – Тепловизионная съемка алюминиевого радиатора

4. Многоступенчатая схема. Комбинация нескольких видов устройств в одной схеме обеспечивает максимально эффективный спуск воздуха с отопительной системы. Правила установки разных устройств:

- Ручной воздухоотводчик – на радиаторах;
- Автоматический воздухоотводчик – рядом с обогревательным оборудованием, в высшей точки системы отопления;
- Воздухоотводные устройства иного типа – на коллекторах.

Монтаж конкретных видов воздухоотводных изделий в разных установочных местах гарантирует минимальный риск образования скоплений пузырьков воздуха и пробок внутри трубных систем или радиаторах.

5. Нагрев теплоносителя. Иногда, с целью удаления воздушной пробки с отопительной сети применяется естественный способ удаления избыточного количества воздуха довольно сильным прогревом среды. Температурный режим теплового носителя в этом случае повышается до 95-100°C, что ускоряет его движение по трубопроводной конструкции и устраняет скопившиеся пробки. Вариант не отличается высокой эффективностью и используется в качестве экстренной меры.

**Выводы:** Воздух, находящийся в отопительных приборах препятствует циркуляции теплоносителя, что приводит к пониженной теплоотдаче приборов. Исходя из термограмм полученных в ходе эксперимента можем увидеть, что конвектор греет только на 60% от своей мощности, стальной панельный радиатор – 55%, чугунный радиатор – 85%, алюминиевый радиатор – 75%.

*Список использованных источников:*

1. Хрусталёв Б. М. Теплоснабжение и вентиляция Курсовое и дипломное проектирования / Ю.Я. Кувшинов, В.М. Копко, А.А. Михалевич, П.И. Дячек, В.В. Покатилов, Э.В. Сенькевич, Л.В. Борухова, В.П. Пилушенко, Г.И. Базыленко, О.И. Юрков – Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005.

**Капуза В.А.**

## **ВЕНТИЛЯЦИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ**

*Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Клюева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Существуют общеобязательные нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочих помещений. Эти нормы включают довольно много веществ, выделяющихся при гальванических работах (брызги и пыль химикатов, пыль абразивов, пары растворителей и т.п.). Для того чтобы их концентрации не превышали допустимого предела, применяются разные меры. Наиболее распространенной и действенной из них является оборудование цеха приточно-вытяжной вентиляцией, назначение которой состоит в том, чтобы за счет обмена воздуха, т.е. удаления загрязненного и подачи чистого, поддерживать содержание вредных веществ в воздухе помещения на уровне, не превышающем норм ПДК.

Обмен воздуха может происходить за счет разницы его температур внутри и снаружи помещения, через открытые окна, случайные щели, даже через стены при их относительно пористом материале, но такой способ организации воздухообмена (естественная вентиляция) малопроизводителен, а по направлению и скорости движения воздуха плохо поддается управлению. Значительно более эффективна принудительная вентиляция, при которой воздух подается и/или удаляется вентилятором с электроприводом. Принудительная вентиляция позволяет отсасывать воздух с нужной интенсивностью непосредственно из мест вредных выделений и подавать свежий воздух, рационально распределяя его по помещению. Достигается это выполнением всех элементов вентиляционной системы в точном соответствии с проектом и расчетом, составленными квалифицированными специалистами с учетом не только вредных выделений химикатов, но и тоже вредных (при большом количестве) выделений теплоты и влажности.

Удаление выделяемых вредностей непосредственно от оборудования гальванического цеха осуществляется местными отсосами. Конструкция местного отсоса сказывается не только на эффективности работы вентиляции, но и на удобстве работника гальваноцеха, а следовательно, и на его производительности. В связи с этим представляется рациональным, чтобы специалист по вентиляции при

проектировании и выборе типа отсоса опирался на данные технологов гальваноцехов. Виды местных отсосов, применяемых в гальванических цехах: вытяжной шкаф, внутри которого устанавливается оборудование; вытяжной зонт, устанавливаемый над оборудованием; отсасывающая решетка (например, панель Чернобережского), устанавливаемая сбоку от оборудования с его нерабочей стороны; бортовой отсос, располагаемый на уровне верхнего края оборудования. Характеристика отсасывающих устройств приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика отсасывающих устройств, применяемых в гальванических цехах

| Тип                    | Достоинства  | Недостатки  | Области применения  |
|------------------------|--|---|---|
| Вытяжной шкаф          | Хорошо изолирует помещения от вредных выделений из оборудования, стоящего внутри шкафа   | Затруднённая доступа к оборудованию. При работе над оборудованием человек находится в зоне вредных выделений  | При травлении цветных металлов  |
| Вытяжной зонт          | Простота изготовления  | При работе над оборудованием человек находится в струе отсасываемых вредных веществ. Расход воздуха очень велик, так как трудно избежать непроизвольного подсосывания воздуха сбоку | При работе в наливных колоколах с газовыделяющими щелочными электролитами или при очистке колоколов от наростов травлением в кислотах |
| Панель Чернобережского | Мало мешает работе, особенно если стоит у стены и панель не мешает проходу. Хорошо улавливает выделения лёгких газов, например водяного пара             | Требует значительного расхода воздуха. Неудобен её монтаж при свободно стоящем оборудовании   | На промывочных ваннах с горячей водой при их одностороннем обслуживании. В гальванических цехах применяются редко                     |
| Бортовой отсос         | Хорошо удаляет брызги и тяжёлые газы и в большинстве случаев лёгкие газы. Рабочий, наклоняющийся над оборудованием, находится вне зоны вредных выделений | Увеличивает ширину оборудования, несколько затрудняя доступ к противоположному от рабочего краю ванны   | На всех видах гальванического оборудования, включая даже некоторые типы вращающихся колоколов и барабанов                             |

Принцип работы наиболее универсального для гальванического оборудования вентиляционного отсоса – *бортового*, состоит в том, что всасываемый с большой скоростью через узкую заборную щель отсоса воздух образует над зеркалом раствора сильную горизонтальную струю («факел»), которая сбивает с вертикального пути выбрасываемые из раствора капли и этим заставляет их главную массу упасть обратно в ванну, а остальные капли и газы увлекаются в отсос. Эта работа «факела» особенно хорошо наблюдается над ванными хромирования, брызги которых ярко окрашены и их путь легко проследить. При правильной конструкции отсоса вызываемое им увеличение ширины ванны невелико. Нормальный бортовой отсос выступает от края ванны в сторону рабочего на 50–100 мм. Дальнейшее увеличение размера вертикального участка отсоса при его переходе к круглому воздуховоду делается в сторону стенки оборудования, ниже обвязки на его борте и, следовательно,

на ширине оборудования дополнительно не сказывается. Сам же круглый воздуховод располагается низко и практически мешает доступу к ванне.

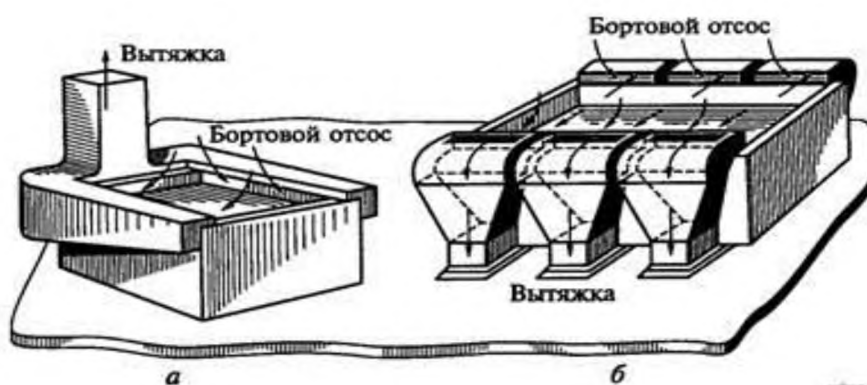


Рисунок 1. Бортовые отсосы ванн:  
а – при малой длине ванны; б – при большой длине ванны

Бортовые отсосы получили наибольшее распространение в гальванике, они удобны, эффективны и экономичны. «Факел» бортового отсоса быстро ослабевает с удалением отсоса от заборной щели, поэтому односторонний отсос делают только при ширине ванны не свыше 600 мм. На более широких ваннах делают отсосы с двух противоположных сторон. Не делают отсосы с трех или четырех сторон ванны; это только ухудшает вентиляцию, т.к. в углах, где встречаются факелы, идущие под углом один к другому, образуются завихрения, из-за которых значительная часть зеркала раствора вообще не вентилируется. Щель бортового отсоса обязательно должна быть расположена вплотную над краем оборудования и ниже катодных и анодных штанг, чтобы штанги не забрызгивало раствором. Анодные пластины должны висеть ниже щели бортового отсоса, чтобы не мешать проходу факела; на пути факела могут находиться только подвесные крюки анодов и подвесочных приспособлений. Согласно типовым чертежам воздуховод отсоса толщиной 100 мм (по наружному обмеру) перегибается через верхний край ванны и через ее обвязку и опускается внутрь ванны до уровня электролита, сохраняя ту же толщину. Следовательно, во-первых, отсосы занимают внутри ванны по 100 мм ширины зеркала ванны с каждой стороны, что заставляет уменьшить межэлектродные расстояния или непроизводительно увеличить ширину и емкость ванны, а, во-вторых, увеличивают на 150 мм (сверх обычного отсоса) то расстояние, на которое приходится тянуться рабочему до висящих в ванне деталей и анодов, что создает дополнительные неудобства и снижает производительность работников гальваноцехов, поэтому опрокинутые отсосы в настоящее время выходят из употребления. При ширине ванн до 0,5–0,7 м используют однобортовые отсосы, при большей ширине – двухбортовые. Скорость засасываемого в щель воздуха принимают равной 0,3–3 м/с. При ширине ванн более 1,5–2,0 м применяют бортовые отсосы со сдувом, в которых воздух подается с противоположной от щели отсоса стороны для улучшения всасывания в щель.

Индивидуальное проектирование воздуховодов из полимерных материалов позволяет оснастить их всеми необходимыми элементами, необходимыми для эксплуатации современного гальванического оборудования – ревизиями, фильтрами, шиберами для корректной регулировки объема воздуха, отводимого от ванн гальванической линии, имеющими различный состав растворов, и, соответственно, требующих отвода различного объема воздуха. Отсасываемый воздух проходит через

фильтр, в котором оседают крупные частицы пыли, и поступает в увлажнительную камеру. Затем воздух направляется в мокрый гравийный фильтр и с помощью вентилятора удаляется в атмосферу.

Для бессточных гальванических производств и в ряде других случаев воздухопроводы оснащаются системами промывки. Подача подщелоченной воды в воздухопроводы бессточных линий позволяет сократить затраты на ее испарение за счет тепла удаляемого от ванн воздуха, дополнительно к фильтрам и абсорберам нейтрализовать пары и аэрозоли кислот, исключить зарастание воздухопроводов.

Очистка воздуха, отводимого от гальванических ванн, осуществляется абсорберами (очистка от паров соляной кислоты, плавиковой кислоты, цианистых соединений) и волокнистыми фильтрами очистки воздуха от аэрозолей.

*Список использованных источников:*

1. Елинский И.И. Вентиляция и отопление гальванических цехов машиностроительных предприятий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989г.
2. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование промышленной вентиляции. Справочник. – Киев: Будивельник, 1983г.
3. Волков О.Д. Проектирование вентиляции промышленного здания. – Харьков: Выща школа, 1989г.
4. <https://galvan.ru/ventilyaciya-galvanicheskikh-cehov> (дата обращения: 16.04.2022).
5. <https://www.baurum.ru> (дата обращения: 16.04.2022).

**Каперейко Ю.В., Петрукович А.С.**

## **ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Аэродинамический расчет воздухопроводов сводится к определению их диаметров  $d$ , м, а также потерь давления на отдельных участках при заданном расходе воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, и скорости  $V$ , м/с, на участке (рис. 1).

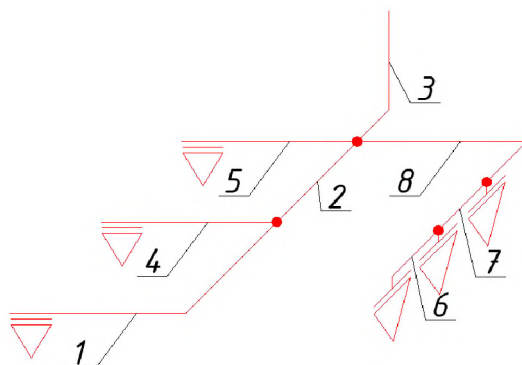


Рисунок 1 – Пример аксонометрической схемы системы вентиляции

Аэродинамический расчет воздухопроводов начинается с вычерчивания аксонометрической схемы, проставления номеров участков, их нагрузок  $L$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , и длин  $l$ , м. Определяется направление аэродинамического расчета – от наиболее удаленного и нагруженного участка до вентилятора. Отметим, что в приточных системах расчет ведется обычно против движения воздуха, а в вытяжных – вдоль этого движения. Расчет начинают с удаленного участка, рассчитывается его диаметр  $d$ , м, или площадь поперечного сечения прямоугольного воздуховода  $F$ ,  $\text{м}^2$ .

Участок – это отрезок воздуховода, характеризующийся постоянным расходом воздуха. Границами между отдельными участками служат тройники или решетки.

$$F = \frac{L}{3600 \cdot \vartheta_{\text{рек}}}$$

Рекомендуемая скорость воздуха в воздуховодах общественных зданий (механическое побуждение):

- магистрали – 8-12 м/с;
- ответвления – не менее 5 м/с.

Рекомендуемая скорость воздуха в воздуховодах производственных зданий:

- магистрали – 10-16 м/с;
- ответвления – не менее 5 м/с.

Воздуховоды, по которым транспортируется незапыленный воздух, обычно рассчитываются по методу удельной потери давления по формуле:

$$P = R \cdot l + Z, \text{ Па}$$

где  $P$  – потери давления на участке воздуховода, Па;

$R$  – потери на трение на 1 м длины, Па;

$l$  – длина участка, м;

$Z$  – потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Коэффициенты местных сопротивлений подбираем исходя из таблиц. Местными сопротивлениями являются: отводы, тройники, крестовины, решетки (воздухораспределительные устройства). При расчете тройника на проходе или на ответвлении рассчитываются такие величины, как:

$$\xi_{\text{п}} = \frac{f_{\text{п}}}{f_{\text{с}}} = \frac{d_{\text{п}}^2}{d_{\text{с}}^2}, \quad \xi_{\text{о}} = \frac{f_{\text{о}}}{f_{\text{с}}} = \frac{d_{\text{о}}^2}{d_{\text{с}}^2}, \quad \frac{L_{\text{п}}}{L_{\text{с}}}$$

$f_{\text{п}}, f_{\text{о}}, f_{\text{с}}$  – площадь прохода, ответвления и ствола тройника;

$L_{\text{о}}, L_{\text{с}}$  – расход воздуха в ответвлении и стволе тройника;

$\xi_{\text{п}}, \xi_{\text{о}}$  – коэффициент сопротивления прохода и ответвления тройника, отнесенные соответственно к скорости воздуха в проходе и ответвлении.

Исходя из полученных соотношений, находим из таблиц необходимые коэффициенты. Невязка ответвлений с главным направлением не должна превышать 10%. В случае же если воздухопроводы имеют не круглую форму, а прямоугольную, то для них используются те же формулы, однако вводится величина эквивалентного диаметра  $d_{\text{экв}}$ , м, которая находится по формуле:

$$d_{\text{экв}} = \frac{2ab}{a + b},$$

где  $a$  и  $b$  – длины сторон воздуховода, м.

Для точности расчётов так же рекомендуется учитывать поправочный коэффициент абсолютной шероховатости  $n$ , который учитывает изменение радиуса

(размеров) воздуховода вследствие неровностей на его внутренней поверхности. Аэродинамический расчет заканчивается подбором вентиляционного оборудования по требуемому расходу и потерям давления по главному направлению.

Рекомендуется подбирать установку с запасом, т.е. умножить критерии для подбора на коэффициент 1,1-1,2.

Таким образом, аэродинамический расчёт с помощью номограмм и таблиц является удобным вариантом для проектирования систем вентиляции, так как позволяет непосредственно контролировать различные параметры, такие как размеры воздуховодов, форма поперечного сечения, скоростной режим по ходу движения воздуха, потери по длине, при необходимости позволяет изменять конфигурацию вентиляционной системы в ходе самого расчёта.

*Список использованных источников:*

1. Хрусталёв Б. М. Теплоснабжение и вентиляция Курсовое и дипломное проектирования / Ю.Я. Кувшинов, В.М. Копко, А.А. Михалевич, П.И. Дячек, В.В. Покатилов, Э.В. Сенькевич, Л.В. Борухова, В.П. Пилюшенко, Г.И. Базыленко, О.И. Юрков – Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005.

**Вершко Р.В.**

## **АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ КОТЛОМ**

*Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Система отопления относится к инженерным сетям зданий и является системой жизнеобеспечения, предназначенная для поддержания в помещениях оптимальной температуры. Без этого постоянное пребывание людей в зданиях невозможно.

В данной работе запроектировал систему водяного радиаторного отопления с горизонтальной разводкой труб и напольного отопления индивидуального жилого дома (рисунки 1, 2). Так как проектируем индивидуальный жилой дом, то необходим одноконтурный электрический котёл, который будет располагаться в котельной на 1 этаже в помещении 2. Магистральные стояки располагаем вертикально в котельной, т.к. это обеспечит доступ к распределителю в любое время. Гребёнки для радиаторного отопления отсутствуют, так как напольное отопление является основным видом отопления в доме.

Достоинства водяной системы отопления с электрическим котлом:

- теплота передаётся путём излучения, что более комфортно для человека;
- простота монтажа электрического котла, не нужна дополнительная документация;
- нет необходимости установки дополнительных воздуховодов.

Недостатки водяной системы отопления с электрическим котлом:

- необходима бесперебойная подача электричества;
- высокая стоимость эксплуатации;
- большая тепловая инерционность.



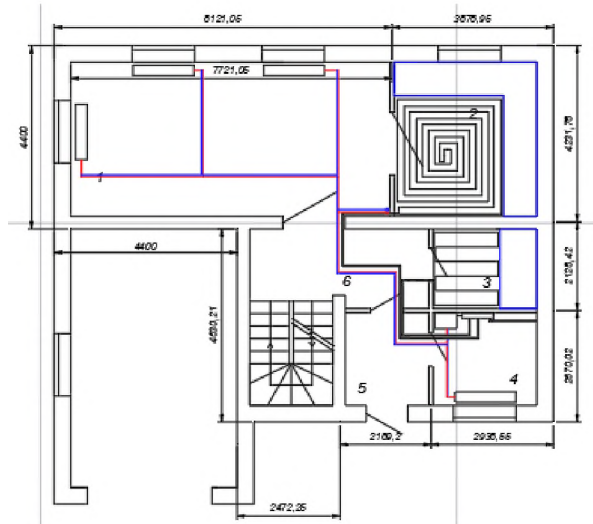


Рисунок 1 – План первого этажа с разводкой трубопроводов

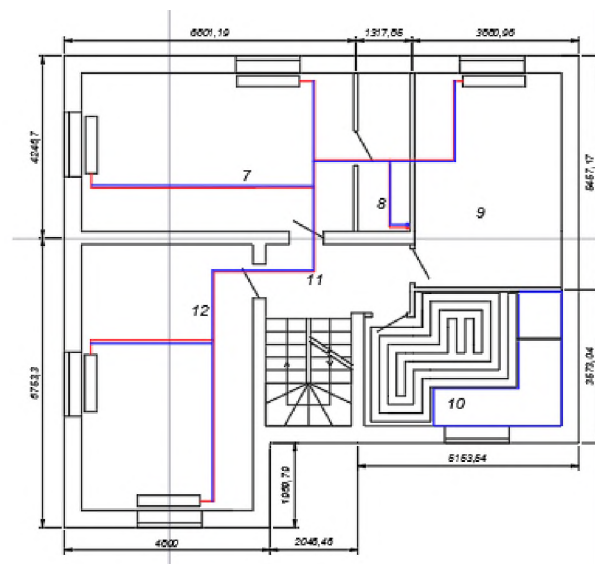


Рисунок 2 – План второго этажа с разводкой трубопроводов

Таблица 1. Экономический расчет водяного отопления индивидуального жилого дома электрическим котлом.

| Наименование                         | шт. | м     | Цена, руб. | Итоговая цена, руб. |
|--------------------------------------|-----|-------|------------|---------------------|
| <b>Монтаж</b>                        |     |       |            |                     |
| Обвязка котла                        | 1   |       | 170        | 170                 |
| Обвязка одного отопительного прибора | 9   |       | 80         | 720                 |
| Отдельная электрическая линия        |     |       | 1000       | 1000                |
| Тёплый пол                           |     |       | 400        | 400                 |
| Подвод холодной воды к котлу         | 1   |       | 40         | 40                  |
| <b>Оборудование</b>                  |     |       |            |                     |
| Секция чугунного радиатора           | 75  |       | 55         | 4125                |
| Труба полипропиленовая (за 2 м)      |     | 102,6 | 12         | 615,6               |
| Электрический котёл                  | 1   |       | 2000       | 2000                |
| Фитинги                              |     |       |            | 250                 |
| Труба полиэтиленовая (за 25 м)       |     | 126   | 30         | 151,2               |

Итоговая стоимость монтажа систем радиаторного отопления и тёплого пола – 2290 руб. (цены приведены на 09.04.2022 г.).

Суммируя всю стоимость оборудования получим – 7191,8 руб. Как видно из таблицы наиболее дорогое оборудование это отопительные приборы.

За 6 месяцев отопительного сезона индивидуальный жилой дом расходует 8688 кВт электроэнергии, 1 кВт = 0,03 руб. следовательно в итоге получаем 260,64 руб.

Итоговая стоимость системы водяного радиаторного отопления с горизонтальной разводкой труб и напольного отопления индивидуального жилого дома с электрическим одноконтурным котлом – 9742,44 руб.

*Список использованных источников:*

1. СН 4.02.03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2019.
2. Технический каталог продукции компании «ГЕРЦ Арматурен», 2018.

Тыщук С.С., Саковский Д.С.

## МОБИЛЬНЫЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ – «РОБОТ-КАМЕНЩИК»

*Брестский государственный технический университет, студент строительного факультета группы П-352, студент факультета электронно-информационных систем группы ИИ-18. Научные руководители: Юськович В.И., к.т.н., доцент; Бондарь А.В., м.т.н., старший преподаватель кафедры технологии строительного производства.*

В массовом сознании слово «робот» ассоциируется в основном с научными достижениями и идеями 20-21 веков. Особенно часто этот термин мало разбирающийся в технических областях человек встречается в произведениях научной фантастики – романах Айзека Азимова, сериях фильмов «Терминатор», «Трансформеры» и т.д. Более продвинутые из них еще могут припомнить советские «Луноходы», промышленные или медицинские аппараты, зверо- или человекоподобных роботов из рекламных роликов компании Boston Dynamics. Однако, как и многие другие великие идеи человечества, концепция автоматизированных механизмов, способных самостоятельно выполнять различные операции, появилась гораздо раньше, и прошли длительный путь своего развития.

История создания роботов тесно переплетается с развитием механики и логически ей следует. Поэтому для понимания необходимо углубиться на несколько веков назад, а именно в эпоху античности, когда процветала колыбель наук – Древняя Греция. В этой стране появились автоматические устройства, созданные для выполнения практических задач и развлечений. В качестве примера можно привести описанную Филоном Византийским механическую женщину-служанку, которая наливала из кувшина вино во вставленный в ее руку стакан. Древнегреческий математик и изобретатель Архит Тарентский еще в 5 веке до н. э. изобрел деревянного голубя, который запускался в небо с помощью паровой катапульты. Многие историки технологий считают, что первый робот в истории был создан именно в этот момент, хотя корректнее считать его прототипом крылатой ракеты или реактивного снаряда.

Вопреки распространенному мнению, Средние века не были эпохой всеобщего упадка и технологического регресса. Наука, в том числе механика, хотя и с некоторой задержкой в первые века после падения античных держав, продолжала свое развитие. Удивительно, но многие сложные устройства появились на свет благодаря именно Церкви. Однако настоящую популярность и бурное развитие автоматические механизмы получили с началом эпохи Возрождения.

Механические игрушки-автоматы изготавливались часовщиками вплоть до начала 20 столетия. Их главным недостатком было сильно ограниченное время действия и слабость из-за особенностей пружинного заводного механизма. Развитие технологии электричества дало человечеству новый источник энергии, которым можно было питать устройства гораздо более продолжительное время. В то же время начинаются и первые попытки заставить сложные механизмы работать на человека, заменяя его труд на производстве. Уже в 1808 году французский ткач Жозеф Мари Жаккар изобрел ткацкий станок, программируемый с помощью перфокарт.

Каменная кладка – процесс укладки каменных материалов, результатом которого являются строительные конструкции, например, из кирпичей, уложенных определенным образом и, как правило, скрепленных между собой строительным

раствором. Кирпичная кладка всегда являлась одним из наиболее трудоемких и сложных строительных процессов. Для изготовления стен может применять специальное оборудование, которое позволяет улучшить качество, увеличить скорость кладки и облегчить процесс для рабочего. На сегодняшний день автоматизация все больше занимает право на внедрение в разного рода отрасли.

Коллективом авторов выполняются исследования по разработке робота каменщика на базе манипулятора (Techman robot) и грузоподъемной тележки (Omron) путем их соединения (скрещивания). Роботы TM ROBOT оснащены встроенным машинным зрением, идеально интегрированным как в аппаратное, так и в программное обеспечение, а мобильный робот Omron серии LD – это интеллектуальная машина грузоподъемностью 90 кг.

Благодаря программному обеспечению TMFlow удалось соединить эти два устройства и в результате получился своего рода коллаборативный робот, способный обучаются и адаптироваться к широкому спектру различных новых задач.

Используя искусственный интеллект, машина самостоятельно планирует маршруты транспортировки, рассчитывая оптимальный по времени и сложности маршрут. Система учитывает свои габариты и особенности окружающей среды и, как следствие, "обходит" механические препятствия и не врежется в людей.

Наша цель – создание мобильного роботизированного комплекса для автоматизации процесса кирпичной кладки, робот-каменщика.

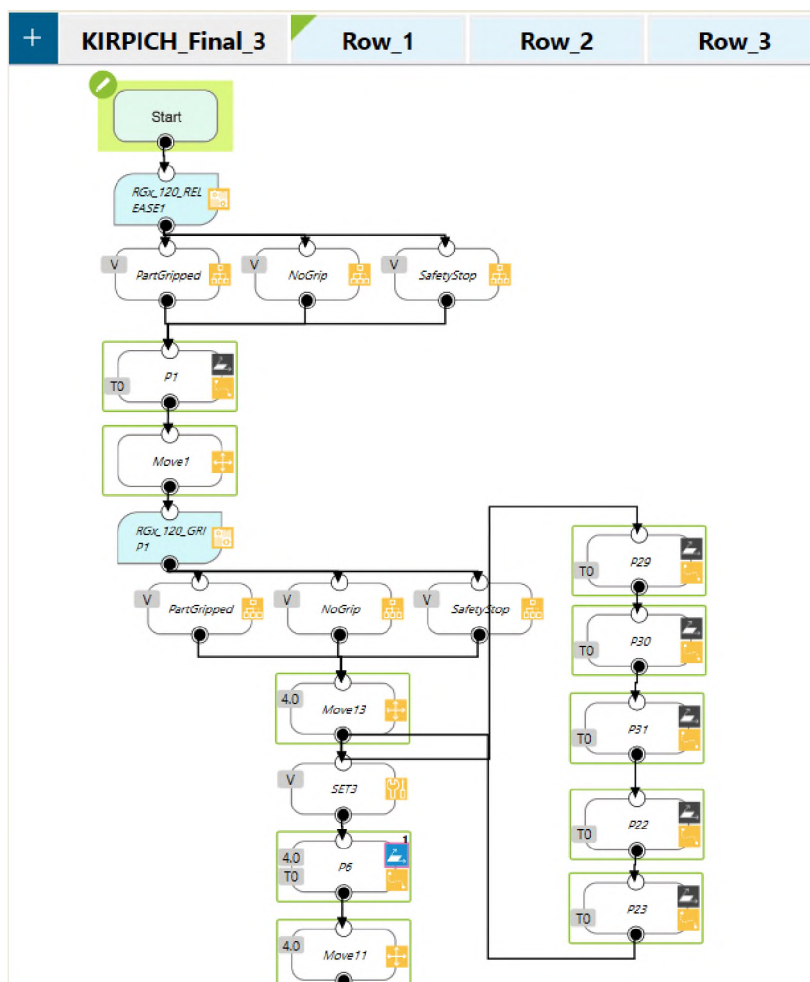


Рисунок 1 – Фрагмент блок схемы по обучению «Робота-каменщика» в программного обеспечении TMFlow

Для достижения поставленной цели решалась задача по адаптации и обучению вышеописанного комплекса оборудования выполнять работы по укладке кирпича на сухую, без использования кладочного раствора. При этом робот должен класть кладку из натурального кирпича с соблюдением правил перевязки и вертикальных швов толщиной 8 мм. Так как подача раствора не предусмотрена, шов остается не заполненным. При налаженной подаче раствора появится возможность учитывать и горизонтальный шов, а также симулировать движение захвата с кирпичом по нанесению раствора на постель кирпича.

Основной проблемой была адаптация механического захвата для кирпича и его фиксации от поворота и раскачивания в процессе выполнения различных движений. При этом внесение изменений в механизм фиксации кирпича не должно ограничивать степени свободы движения робота.

При помощи программного обеспечения TMFlow (блок-схема отражена на рисунке 1) удалось обучить робот-каменщика.

На данный момент робот-каменщик осуществляет захват и фиксацию кирпича с определенной точки своей платформы, выкладывает кирпичную кладку на сухую без использования раствора, оставляя зазоры на вертикальный шов.

Планируется задействовать мобильный робот Omron для самостоятельного передвижения на захватке путём отрисовки карты данного объекта; задействовать машинное зрение для самостоятельного поиска и захвата кирпича и для последующую укладку в заданной последовательности. Робот-каменщик из БрГТУ неоднократно становился экспонатом специализированных выставок. Одним из результатов работы стало участие мобильного роботизированный комплекса для автоматизации процесса кирпичной кладки «Робот-каменщик» на выставке BUDEXPO-2021 (рис.2).



Рисунок 2 – Мобильный роботизированный комплекс для автоматизации процесса кирпичной кладки – «Робот-каменщик» на выставке BUDEXPO – 2021

В учебно-практической лаборатории БрГТУ продолжается работа по его усовершенствованию.

Каперейко Ю.В., Гринько Е.О.

## НЕЙТРАЛЬНАЯ ТОЧКА В СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

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

Современные системы отопления проектируют и строят в большинстве с независимым подключением к централизованной тепловой сети. Такие системы являются более надежными, удобными в эксплуатации, экономичными, а так же в случае особенностей системы отопления в здании такое подключение позволяет использовать теплоноситель, отличный от теплоносителя в централизованной тепловой сети. Такая схема подключения широко используется для подключения к системе отопления многоэтажных зданий или построек, которые требуют повышенного уровня надежности работы отопительного механизма.

Как известно, при нагревании тела имеют свойство расширяться. Вода внутри замкнутого отопительного контура то уменьшается, то увеличивается в объеме. Это происходит во время регуляции температуры и расхода теплоносителя в системе отопления. А так как вода является практически несжимаемой средой, то давление в системе начинает так же быстро увеличиваться или уменьшаться. Избыточное давление может неблагоприятно влиять на все элементы системы. Поэтому чтобы обезопасить систему от выхода из строя её составляющих, одним из элементов замкнутого отопительного контура является расширительный бачок. Однако не все знают, как проходит выбор и установка расширительного бака. Ведь даже при подключении такой простой детали есть свои нюансы.

В каждом циркуляционном кольце замкнутой системы отопления существует только одна точка постоянного давления, так называемая «нейтральная» точка системы отопления, в которой зона нагнетания сменяется зоной всасывания [1] (рис.1). Эта точка является наиболее благоприятной для установки в ней расширительного бака, так как статическое динамическое давление в ней равны и резервуар не подвержен «нагнетанию» или «подсасыванию» воды. Однако является ли эта точка постоянной?

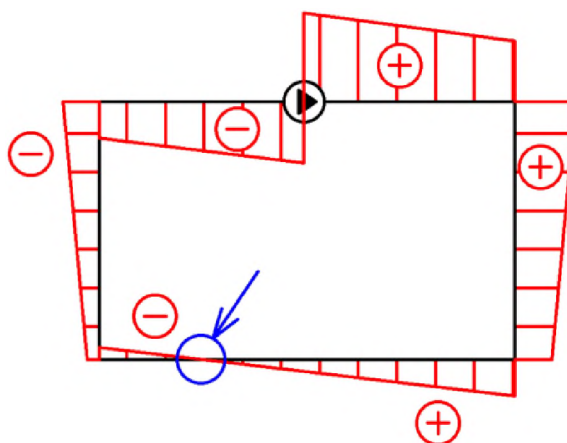


Рисунок 1 – Месторасположение точки нулевых давлений.

Рассмотрим 2 варианта установки расширительного бака.

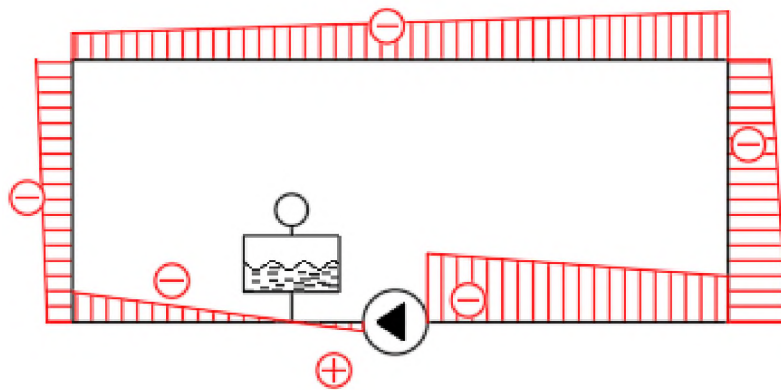


Рисунок 2 – Схема системы с расширительным баком на нагнетающей патрубке

В случае, изображенном на рисунке 2, расширительный бак установлен на нагнетающей части. До расширительного бака расположена зона нагнетания, а остальная часть системы находится под разрежением, т.е. динамическое давление меньше статического, что может привести к подосу воздуха в местах установки автоматических воздухоотводчиков, где давление системы становится меньше атмосферного. Это происходит из-за недостаточного избыточного давления в системе, т.е. статическое давление жидкости внутри контура слишком мало для нормальной работы насоса. Вследствие этого циркуляция в системе может прекратиться.

С целью устранения данной проблемы расширительный бак устанавливают на всасывающей стороне насоса (рис. 3). Это позволяет почти всей системе находиться под напором, где динамическое давление больше статического, что позволяет избежать падения давления в контуре ниже атмосферного и обеспечить циркуляцию теплоносителя.

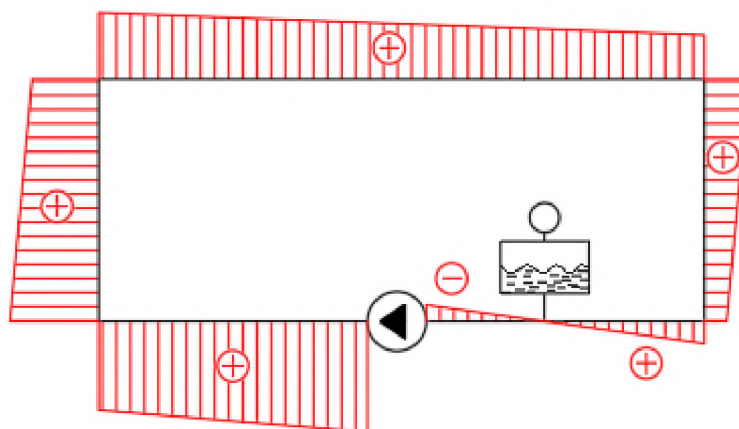


Рисунок 3 – Схема системы с расширительным баком на всасывающей патрубке

Таким образом, лучше всего расширительный бак располагать на всасывающей стороне по отношению к насосу.

*Список использованной литературы:*

1. Сканава А.Н., Л.М.Махов. Отопление: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2008.-576 с.

Шепетуха В.О.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

В данном научном опыте мы изучали работу промышленного кондиционера, установленного в лаборатории 3/116. А именно мы изучали, можем ли мы с помощью данного кондиционера добиться необходимых оптимальных и допустимых параметров воздуха, чтобы человеку было комфортно находиться в помещении. Мы предоставим Вам результаты наших опытов.

Секции в центральном кондиционере включаем последовательно, чтобы измерить конечные параметры обработанного воздуха после каждого вида оборудования.

Последовательность включения секций:

- Пластинчатый рекуператор.
- Калорифер.
- Парогенератор.

Все данные, полученные в результате проведенной лабораторной работы сводим в таблицы.

Таблица 1. Значения переходного периода

| №               | τ, мин | t <sub>н</sub> | Пр              |                 | Выт              |                  | Р              |                | η, %     | Q, кДж/ч | Q, кВт |
|-----------------|--------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------|----------|--------|
|                 |        |                | t <sub>пр</sub> | φ <sub>пр</sub> | t <sub>выт</sub> | φ <sub>выт</sub> | t <sub>р</sub> | φ <sub>р</sub> |          |          |        |
| рекуператор     |        |                |                 |                 |                  |                  |                |                |          |          |        |
| 1               | 0      | -3,8           | 24,7            | 28,7            | 24,11            | 25,2             | 17             | 34,5           | 102,1    | -1,07    | -0,30  |
| 9               | 8      | -3,8           | 13,7            | 119,4           | 24,5             | 22,3             | 13,1           | 37,2           | 61,8     | 19,54    | 5,43   |
| 19              | 18     | -3,8           | 12,1            | 22,7            | 23,6             | -                | 10,9           | 35,2           | 58,0     | 20,80    | 5,78   |
| №               | τ, мин | t <sub>н</sub> | Пр              |                 | Выт              |                  | Р              |                | Q, кДж/ч | Q, кВт   |        |
|                 |        |                | t <sub>пр</sub> | φ <sub>пр</sub> | t <sub>выт</sub> | φ <sub>выт</sub> | t <sub>р</sub> | φ <sub>р</sub> |          |          |        |
| + калорифер     |        |                |                 |                 |                  |                  |                |                |          |          |        |
| 20              | 19     | 12,1           | 15,8            | 20,1            | 23,5             | -                | 10,8           | 34,7           | 6,69     | 1,86     |        |
| 24              | 23     | 12,1           | 27,6            | 10,7            | 23,5             | -                | 11             | 33,3           | 28,04    | 7,79     |        |
| 28              | 27     | 12,1           | 30,4            | 9,5             | 24,5             | 18,4             | 11,4           | 32,2           | 33,10    | 9,20     |        |
| №               | τ, мин | t <sub>н</sub> | Пр              |                 | Выт              |                  | Р              |                | Q, кДж/ч | Q, кВт   |        |
|                 |        |                | t <sub>пр</sub> | φ <sub>пр</sub> | t <sub>выт</sub> | φ <sub>выт</sub> | t <sub>р</sub> | φ <sub>р</sub> |          |          |        |
| + парогенератор |        |                |                 |                 |                  |                  |                |                |          |          |        |
| 29              | 28     | 30,4           | 30,7            | 12,2            | 24,8             | -                | 11,5           | 31,7           |          |          |        |
| 34              | 33     | 30,4           | 32,4            | 32,1            | 25,7             | -                | 11,9           | 41,7           |          |          |        |
| 39              | 38     | 30,4           | 29,9            | 39,6            | 25,9             | -                | 12,1           | 48             |          |          |        |

Для наглядности и сравнения занесем теоретические показатели кондиционера, прописанные в его техническом паспорте с практическими полученными показателями в таблицу 2 [1].

Таблица 2. Сравнение технических данных.

| Оборудование    | Параметр                      | Теоретическое | Практическое |
|-----------------|-------------------------------|---------------|--------------|
| рекуператор     | КПД                           | 59,30%        | 58,00%       |
|                 | производительность утилизации | 12,82 кВт     | 5,78 кВт     |
|                 | выходная температура          | 4,5°C         | 12,1°C       |
| калорифер       | тепловая производительность   | 6,03 кВт      | 9,2 кВт      |
|                 | выходная температура          | 16,5°C        | 30,4°C       |
| пароувлажнитель | производительность            | 7,96 кг/ч     | 14,94 кг/ч   |
|                 | выходная влажность            | 42%           | 40%          |

Исходя из результатов полученных данных, можно сделать вывод, что установка работает в соответствии с заявленными техническими данными, однако полученные результаты измерений имеют погрешность в связи с неточностью измерительных приборов и условиями проведения опыта.

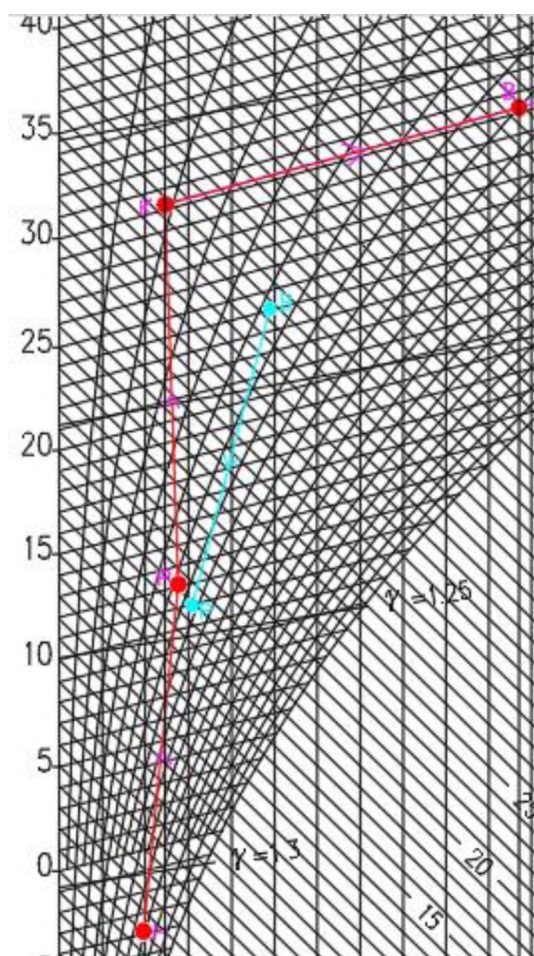


Рисунок 1 – Процесс обработки воздуха в центральном кондиционере в холодный период года

Изобразим процессы, протекающие с воздухом на I-d диаграмме. По полученным данным построим процессы изменения состояния воздуха внутри рекуператора на I-d диаграмме влажного воздуха, где точка Н – наружный воздух,



П – приточный воздух (на выходе из рекуператора), В – внутренний воздух, Р – удаляемый воздух после рекуператора.

Процесс Н-Р – процесс прохождения наружного воздуха через рекуператор, после которого мы получаем приточный воздух. В'-Р' – процесс, при котором вытяжной воздух, проходя через рекуператор, отдает свою теплоту наружному воздуху и выходит из рекуператора с параметрами точки Р' [2].

В данном исследовании было подтверждено, что промышленный кондиционер КЦ-ТК эффективен в холодный период года, т.е. доказали опытным путем, что оптимальные и допустимые параметры воздуха для комфортного пребывания человека в помещении, которые не окажут негативного влияния на его здоровье, мы достигли. Он позволяет достигнуть необходимого состояния воздуха в определенных температурных, влажностных диапазонах его параметров. Данный кондиционер работает согласно параметрам технического паспорта. Использование таких установок необходимо для автоматического поддержания в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха на определенном уровне для обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, для ведения технологических процессов, обеспечение сохранности ценностей культуры. Однако для того, чтобы добиться более эффективной работы центрального кондиционера, так же необходима его «грамотная» эксплуатация.

*Список использованных источников:*

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

**Михальчук К.С.**

## **ПАРОКАПЕЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ**

*Брестский государственный технический университет, студент строительного факультета специальности экспертиза и управление недвижимостью группы Н-15. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

В последнее время активно изучаются возможности увеличения использования электрической энергии в стране, поскольку рост потребления будет способствовать улучшению технико-экономических показателей работы отечественной энергосистемы. Сегодня большинство электрической и тепловой энергии в стране вырабатывается за счет дорогостоящих импортных энергоносителей, что в итоге негативно сказывается на себестоимости энергии и продукции. Планируется, что БелАЭС выйдет на свою пиковую мощность к 2023 г., к этому времени Министерство энергетики планирует провести частичную реконструкцию электрических сетей, а также подготовить новые выгодные тарифы на электроэнергию для нужд электроотопления [1]. Таким образом, что вопрос перехода на электроотопление в нашей стране является актуальным и имеет все предпосылки и возможности для активной реализации в ближайшем будущем.

Один из вариантов использовать в электроотоплении парокapelные обогреватели, как относительно новую разработку в данной в сфере. Эти приборы экономичны, быстро прогревают отапливаемое помещение, достаточно просты в монтаже. Визуально парокapelные обогреватели похожи на обычные, водяные отопительные приборы. Но внутреннее устройство кардинально отличается. Внутри установлен электрический нагревательный элемент (ТЭН), что делает их похожими на электроконвекторы. В качестве теплоносителя используется сравнительно небольшое количество воды или другой жидкости с антизамерзающими свойствами. В отличие от конвекторов электрических, которые непосредственно нагревают воздух и производят тепло за счет электроэнергии, парокapelные обогреватели преобразуют электроэнергию в тепловую в два этапа.

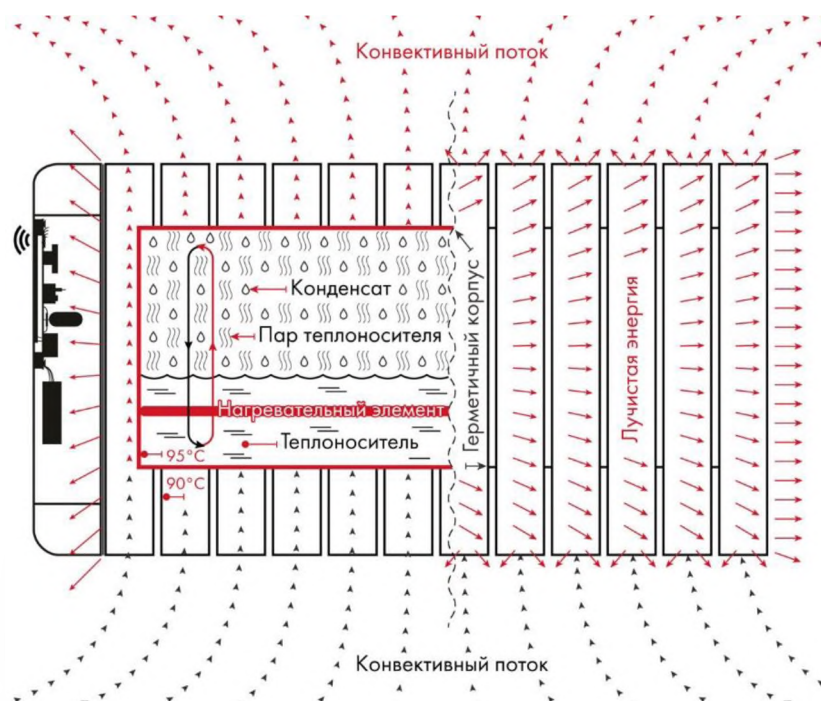


Рисунок 1 – Принцип работы парокapelного обогревателя

На первом этапе ТЭН производит нагрев теплоносителя, который довольно быстро из жидкого состояния переходит в пар. Быстрота эта достигается за счет небольшого объема теплоносителя внутри парокapelного нагревателя. На втором этапе горячий пар заполняет весь внутренний объем обогревателя и соприкасается с его холодными стенками. Здесь происходит конденсация пара, с выделением большого количества тепла, которое и нагревает помещение, излучаясь от стенок обогревателя. А сконденсированный теплоноситель в виде капель жидкости под действием силы тяжести стекает вниз, к ТЭН. И снова испаряется, а цикл повторяется вновь.

Парокapelное отопление экономичнее, тепловая мощность парокapelной системы выше, чем у электрического конвектора при том же потреблении электроэнергии. Электроконвекторы нагревают поступающий прохладный воздух с помощью довольно малого по площади ТЭНа, поэтому температура этого ТЭНа довольно высокая – примерно 150°C. В парокapelных обогревателях происходит нагревание всего алюминиевого корпуса, который значительно больше ТЭНа в электрическом конвекторе, т.е. у него больше площадь теплоотдачи. Кроме этого, отопление за счет пара эффективнее воздушного: т.к. теплопроводность воды в 25 раз выше, чем у воздуха, а объем выделяемого пара в 1720 раз больше объема жидкости,

и для нагрева корпуса в пароконденсаторных обогревателях требуется сравнительно малое количество теплоносителя. Как следствие, на это требуется и меньший, чем при обогреве электроконвектором, расход электроэнергии, которая расходуется на запуск и последующее поддержание процесса парообразования.

Основные преимущества пароконденсаторных обогревателей:

*Экономичность.* За счет снижения расхода электроэнергии по сравнению с другими типами электрообогревателей, например, электроконвекторами; также обогреватели снабжены блоками автоматического управления, что позволяет избежать повышенных энергозатрат при пиковых нагрузках, возникающих при нагреве, и точно поддерживать заданную температуру с минимальным расходом электроэнергии, что также способствует дополнительной экономии.

*Удобство.* Оперативное регулирование температуры теплоносителя и расход электроэнергии при изменении погоды, т.к. управление автоматикой несложное.

*Легкость монтажа.* При установке пароконденсаторного отопления не нужно штробить стены и тянуть трубы, как в случае установки радиаторов водяного отопления. Обогреватель просто вешается на стену на кронштейнах рядом с розеткой.

*Эффективность.* Пароконденсаторные обогреватели быстро нагреваются и долго сохраняют тепло после выключения – до тех пор, пока не остынет теплоноситель.

*Гигиеничность.* При работающих отопительных приборах влажность в помещении может снизиться до 15-20%, что может вызвать дискомфорт и заболевания дыхательных путей. Воздействие же пароконденсаторного отопления на атмосферу в комнате минимально. Теплоноситель нагревается максимум до 120°C, сохраняя влагу в воздухе.

*Простота в управлении.* Несколько пароконденсаторных обогревателей, установленных в разных комнатах, можно легко объединить в группу с централизованным управлением.

Пароконденсаторные обогреватели несколько дороже по стоимости, чем электрические конвекторные, но имеется экономия на эксплуатационных расходах. Также здесь можно столкнуться с проблемой высокой температуры поверхности прибора (есть риск обжечься). Если отопительный прибор оставить отключенным в холодном помещении, теплоноситель в нем может замерзнуть. Но на работу обогревателя это не повлияет: после включения жидкость разморозится без негативных последствий для дома, можно установить вспомогательный источник питания на случай длительного отключения электроэнергии в холодное время года.

Пароконденсаторная технология – относительно новая. Поэтому информация о некоторых положительных или отрицательных ее сторонах остается пока теоретической. Например, некоторые производители обещают, что пароконденсаторные обогреватели прослужат до 30 лет: внутрь устройства не проникает воздух, значит, система не подвержена коррозии. Но на практике такая длительная безотказная работа пароконденсаторного обогревателя еще не проверена.

*Список использованных источников:*

1. Кохан А.С. Возможности и перспективы перехода на электроотопление в Республике Беларусь // Материалы XIV Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Беларусь в современном мире», Гомель, 13-14 мая 2021г. – 2021.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://topclimat.ru/publications/heat\\_pipe\\_technics.html/](https://topclimat.ru/publications/heat_pipe_technics.html/). – Дата доступа: 05.04.2022.

Джейгало В.В., Жук В.Г.

## АНАЛИЗ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ В СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЯХ

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

Оконные изделия из ПВХ получили широкое распространение, обусловленное их функциональностью и практичностью. Они не пропускают холодный воздух, шум, пыль, легко открываются и моются, в зимнее время года не замерзают.

Замена деревянных окон на стеклопакеты может оказать большое влияние на циркуляцию воздуха. Системы вентиляции проектируется по принципу естественного побуждения, основанному на использовании разницы температур внутри помещения и снаружи. Важной частью работы системы является постоянный приток воздуха извне. Его, герметичные пластиковые окна, обеспечить не могут, особенно зимой, когда они закрыты из-за холода. У современных окон со стеклопакетами низкая воздухопроницаемость, которая приводит к нарушению работы системы естественной вентиляции из-за недостаточного количества приточного воздуха. Для устранения этого недостатка необходимо применять приточные устройства, монтируемые в наружных стенах или в конструкциях окон. Для этого в системе отопления учитывают расход теплоты на нагревание организованного притока, т.е.  $Q_{\text{инф}}$ .

Однако обеспечение притока наружного воздуха должно осуществляться жильцами, поэтому часто организация воздухообмена не выполняется. Вследствие чего нарушается работа естественной вытяжной вентиляции, но при этом отказ от поступления холодного воздуха в помещение ведёт к снижению теплопотерь. Специалисты оценивают долю тепловых затрат на нагрев вентиляционного воздуха в 50-70% от общих затрат на обогревание жилья (для домов с современными энергосберегающими окнами и теплыми стенами).

По среднестатистическим данным фактический организованный приток воздуха в квартирах со стеклопакетами составляет около 10–15% от заложенного в проект инфильтрационного воздуха.

Объектом исследования является многоквартирный 5-этажный жилой дом в городе Горки. Общая площадь дома 2800 м<sup>2</sup> (см. рисунок 1).

Цель исследования — посчитать теплопотери в современных домах, в которых отсутствуют приточные клапаны.

Произведем анализ проектируемой тепловой мощности системы отопления и её значения при эксплуатации здания. Для этого примем количество инфильтрационного воздуха в размере 15% от рассчитываемой величины в проекте.

Продолжительность отопительного сезона по данным СНБ 2.04.02-2000 [1] составила 205 дней. В качестве наружной температуры воздуха приняли температуру наиболее холодной пятидневки (–23°C).

Рассмотрим на примере помещения 101. Проектируемая система отопления – водяная двухтрубная с автоматическими терморегуляторами и центральным авторегулированием на вводе. Для определения тепловой мощности системы отопления определяют общие потери теплоты для расчетных зимних условий:

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

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

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

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

$\eta_1$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа системы отопления и способа регулирования.

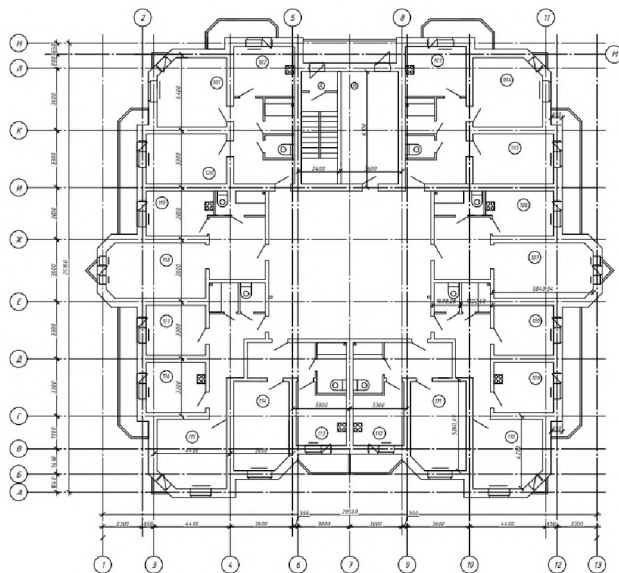


Рисунок 1 – План типового этажа

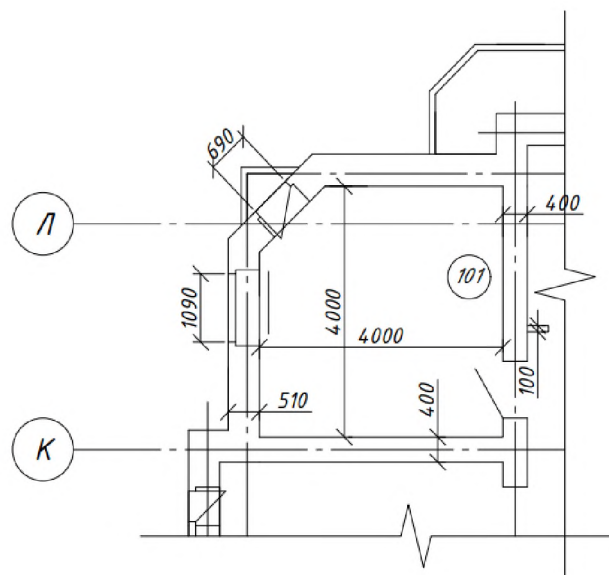


Рисунок 2 – План расчётного помещения

Расчет теплотерь производят через все ограждающие конструкции для каждого помещения в отдельности.

Основные потери теплоты определяют путем суммирования потерь тепла через отдельные ограждения для каждого отапливаемого помещения по формуле:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \text{ Вт}$$

где  $F$  – расчетная площадь ограждения,  $\text{м}^2$ ;

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

$t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха,  $\text{°C}$ ;

$t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха,  $\text{°C}$ , для холодного периода года;

$n$  – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$\beta$  – добавочные потери теплоты через ограждения, принимаемые в долях от основных потерь.

$$Q = \frac{9,33}{3,2} \cdot (20 + 23) \cdot (1 + 0,1 + 0,05) = 129,22 \text{ Вт}$$

Далее расчеты ведутся аналогично.

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

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot L_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot k, \text{ Вт}$$

где  $L_n$  – расход предварительно не подогреваемого приточного инфильтрующегося воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_v$  – плотность воздуха помещения, кг/м<sup>3</sup>

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

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

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot 46,7 \cdot 1,205 \cdot 1 \cdot (20 + 23) \cdot 1 = 677,53 \text{ Вт}$$

Найдем общие потери теплоты:

$$Q_o = 716,2 + 677,53 - 9 \cdot 15,43 \cdot (1 - 0,95) = 1386,79$$

Все расчёты сведены в таблицу 1.

В таблице 2 сведены значения теплопотерь за отопительный период согласно расчёту и потери теплоты, существующие в действительности, а также эти значения, переведенные в денежный эквивалент.

На 2022 год стоимость 1 Гкал – 21,9245 BYN по субсидированному тарифу [3].

Таблица 1. Потери теплоты помещениями

| № помещения | Назначение помещения, Tв, °С Fl, м²      | Данные по ограждающей конструкции |                              |                      |               | Коэффициент теплопередачи 1/Rt, Вт/(м²·°С) | Разность температур (Tв-Tн) °С | Поправочный коэффициент n | Добавочные теплопотери β |        |                                     | Основные и добавочные потери теплоты Q, Вт | Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха Qинф, Вт | Бытовые тепловыделения Qб(л-ч), Вт | Общие потери теплоты помещения Qо, Вт |         |
|-------------|--|-----------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------|--|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------|-------------------------------------|--|--|------------------------------------|---------------------------------------|---------|
|             |  | Наименования ограждения           | Ориентация по сторонам света | Расчетные размеры, м | Площадь F, м² |  |                                |                           | На ориентацию            | Другие | Суммарный коэффициент добавок (1+β) |  |  |                                    |                                       |         |
| 1           | 2  | 3                                 | 4                            | 5                    | 6,00          | 7,00                                       | 8                              | 9                         | 10                       | 11     | 12                                  | 13,00                                      | 14   | 15                                 | 16                                    |         |
| 101         | жилая комната<br>tв=20°С,<br>Fп=15,43 м² | нс                                | с                            | 3,05                 | 3,65          | 9,33                                       | 0,28                           | 43                        | 1                        | 0,1    | 0,05                                | 1,15                                       | 129,22   | 677,533                            | 6,9435                                | 1386,79 |
|             |  | нс                                | св                           | 1,93                 | 3,65          | 5,44                                       | 0,28                           | 43                        | 1                        | 0,1    | 0,05                                | 1,15                                       | 75,38  |                                    |                                       |         |
|             |  | нс                                | в                            | 3,04                 | 3,65          | 11,10                                      | 0,28                           | 43                        | 1                        | 0,1    | 0,05                                | 1,15                                       | 153,64   |                                    |                                       |         |
|             |  | ок                                | с                            | 1,2                  | 1,5           | 1,80                                       | 1,00                           | 43                        | 1                        | 0,1    | 0,05                                | 1,15                                       | 89,01  |                                    |                                       |         |
|             |  | дв                                | св                           | 0,8                  | 2             | 1,60                                       | 1,00                           | 43                        | 1                        | 0,1    | 0,05                                | 1,15                                       | 79,12  |                                    |                                       |         |
|             | пл                                       | *                                 | *                            | -                    | 17,07         | 0,34                                       | 43                             | 0,75                      | *                        | *      | 1                                   | 189,83                                     |  |                                    |                                       |         |
|             |  |                                   |                              |                      |               |  |                                |                           |                          |        |                                     | 716,20                                     |  |                                    |                                       |         |

Таблица 2. Итоговые данные.

| Данные                  | Теплопотери за отопительный период, Гкал | Денежные затраты на отопление всего дома, бел.руб | Денежные затраты на отопление 1 м², бел.руб | Разница, % |
|-------------------------|--|---|---|------------|
| Q <sub>инф</sub>        | 531,2                                    | 11646,3   | 4,16  | 0          |
| 15% от Q <sub>инф</sub> | 248,9                                    | 5457,0  | 1,95  | 53,14      |

Таким образом, анализ инфильтрационных потерь для реальных условий показал их существенное снижение и, как следствие, снижение затрат на отопление здания. Стоит отметить, что в этом случае нормированное значение воздухообмена не соблюдается.

Список использованных источников:

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

Петрукович А.С., Каперейко Ю.В.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫТЕСНЯЮЩЕГО ТИПА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Создание и поддержание оптимальных параметров микроклимата помещений общественных зданий в настоящий момент возможно благодаря системам кондиционирования воздуха. Важную роль в создании комфортных климатических условий играет воздухораспределение, осуществляемое различными видами воздухораспределителей исходя из двух установившихся принципов: смешивания и вытеснения. Вытесняющие СКВ предполагают вытеснение вредных веществ из рабочей зоны, и создание “воздушных оазисов” с требуемыми климатическими параметрами. Такая система предполагает установку низкоскоростных воздухораспределителей непосредственно в рабочей зоне [1].

Для анализа эффективности вытесняющей СКВ возьмем модель помещения конференц-зала на 100 человек объемом 1164 м<sup>3</sup> с разветвленной приточно-вытяжной системой кондиционирования для города Пружаны. Расчетное помещение имеет категорию 3а – помещение с массовым пребыванием людей, в котором люди находятся преимущественно в положении сидя без верхней одежды [2].

Таблица 1. Расчетные параметры воздуха

| Периоды года | Наружный воздух                                     |  |                                | Внутренний воздух                                     |   |
|--------------|---|--|--------------------------------|---|---|
|              | Температура наружного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$ | Энтальпия наружного воздуха $I_n, \text{кДж/кг}$ | Скорость ветра $v, \text{м/с}$ | Температура внутреннего воздуха $t_v, ^\circ\text{C}$ | Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi, \%$ |
| Теплый       | 24,8  | 50,4   | 2,5                            | 25  | 60  |
| Холодный     | -22   | -20,5  | 3,2                            | 20  | 30  |

Таблица 2. Количество вредных выделений в расчетном помещении.

| Объем помещения, м <sup>3</sup> | Расчетный период | Тепловые избытки кДж/ч |        | Влаговыведения, кг/ч | Газовые выделения л/ч |
|---------------------------------|------------------|------------------------|--------|----------------------|-----------------------|
|                                 |                  | Явные                  | Полные |                      |                       |
| 1164                            | ТП               | 81965                  | 108695 | 10,64                | 2501                  |
|                                 | ХП               | 39164                  | 56480  | 6,94                 | 2501                  |

По результатам проведенных расчетов получаем, что в вытесняющей СКВ:

Температуры приточного воздуха для теплого и холодного периода составили соответственно 23°C и 18,3°C. Температуры удаляемого воздуха:  $t_{уд}^{тп} = 28.1^\circ\text{C}$ ;  $t_{уд}^{хп} = 20.8^\circ\text{C}$ . Расчетный воздухообмен  $G_{п}^p = 13326 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

При расчете воздухораспределения при помощи программы MagiCaD Connect были подобраны низкоскоростные напольные воздухораспределители DVCE-400-2H в количестве 4 штук и DBCa-400-3V в количестве 16 штук. В качестве вытяжных устройств приняты DA-370-T-315 в количестве 20 штук. Аэродинамический расчет произведен в программном комплексе MagiCaD 2020 for Revit 2020. Потери давления

в приточной сети СКВ по главному направлению составили  $\Delta P = 228$  Па. Потери давления в вытяжной сети СКВ по главному направлению  $\Delta P = 254$  Па.

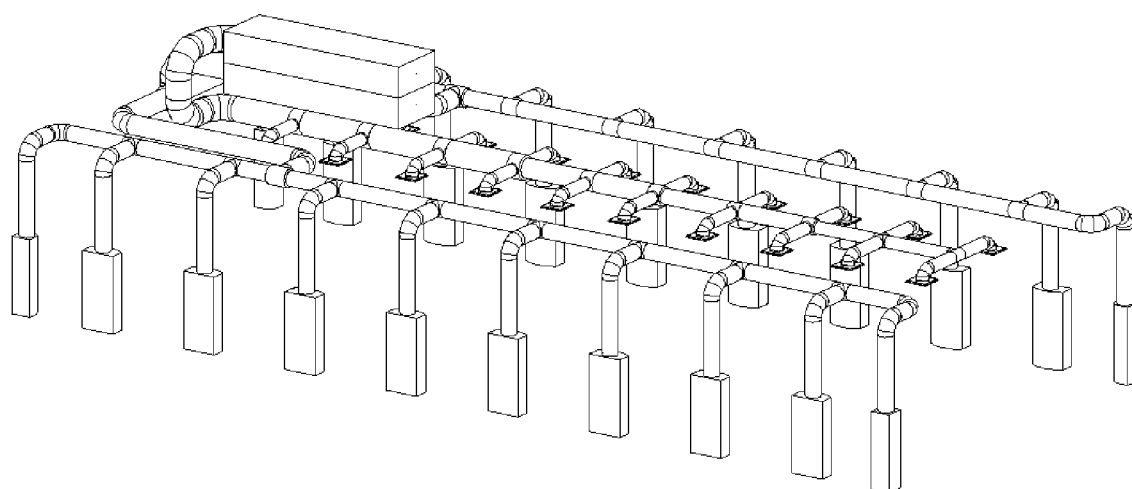


Рисунок 1 – 3D модель вытесняющей системы кондиционирования помещения

Таблица 3. Диаметры воздуховодов и их метраж, применяемые при проектировании вытесняющей СКВ

| Длина, м | Диаметр, мм |
|----------|-------------|
| Приток   |             |
| 1,40     | 630         |
| 14,30    | 500         |
| 100,80   | 400         |
| Вытяжка  |             |
| 8,20     | 630         |
| 3,30     | 500         |
| 3,70     | 400         |
| 23,90    | 315         |

Вытесняющие СКВ целесообразно применять в помещениях, к климатическим условиям которых предъявляются особые требования, т.к. такие системы поддерживают наилучшее качество воздуха в помещении. Наилучшими помещениями для установки таких систем являются различные зрительные залы театров и кинотеатров, поточные аудитории университетов. Однако, необходимость повышать приточную температуру при устройстве СКВ с подачей в рабочую зону влечёт за собой значительное увеличение расчётных расходов приточного воздуха, необходимого для ассимиляции выделяющихся вредных веществ, что в свою очередь приводит к укрупнению диаметров приточных воздуховодов. Специфика расположения приточных устройств предполагает удлинение воздуховодов, уменьшение свободной площади пола (при условии, что ПУ напольные), а также необходимость вписывать в интерьер или всячески маскировать приточные воздуховоды. Вместе с приточной системой увеличивается и вытяжная система. Всё вышперечисленное приводит к значительному удорожанию системы.

*Список использованных источников:*

1. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебное пособие, 2017 – Дячек П.И.
2. СН 4.02.01-03-2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».



## СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ ДЛЯ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

На деревообрабатывающих производствах в воздух так или иначе выбрасывается древесная пыль. Например, при изготовлении древесных пеллет это неизбежно, поскольку сырье измельчают и транспортируют от одного этапа к другому. Перемещение опилок происходит внутри герметичной пневмотранспортной системы при помощи потоков воздуха. Эти потоки необходимо выводить из системы и очищать. Системы аспирации служат для очистки воздуха от древесной пыли (твердые частицы размером от 1 до 200 микрон). Это необходимо для предотвращения загрязнения окружающей среды выбросами предприятия, а также для продуктивной и безопасной работы людей. Древесная пыль опасна для здоровья, она может накапливаться в легких, а также может раздражать сетчатку глаз. Особенно опасна мелкодисперсная пыль размером от 1 до 10 микрон: слизистые оболочки не задерживают ее. Также скопления древесной пыли ставят под угрозу пожарную безопасность. То же можно сказать о зерновой пыли на зерноперерабатывающих заводах.

### **Основные виды систем аспирации.**

Аспирационные системы делятся по типу удаления отработанного воздуха. Они могут быть *прямоточными*, когда воздушная масса после фильтрации удаляется за пределы помещения, и *рециркуляционными*, если очищенный воздух частично или полностью возвращается в помещение. Последний вариант считается предпочтительным, поскольку он позволяет снизить потери тепла внутри помещения, что экономит ресурсы на отопление. Тем не менее, качество очистки воздуха должно быть идеальным, чтобы не допустить загрязнения легких работников.

Также системы аспирации могут быть моноблочными и модульными. *Аспирационные моноблоки* проводят фильтрацию рядом с непосредственным источником запыления. Если он один, и производство небольшое, то выбор моноблочной установки оправдан. *Модульные системы аспирации* состоят из нескольких агрегатов и сети воздухопроводов. Они всегда разрабатываются по индивидуальному проекту, чтобы очищать воздух сразу на нескольких этапах производственного цикла. Это оптимальный выбор для полноформатного промышленного производства.

На крупных производствах, где выброс пыли происходит на нескольких участках, промышленная аспирация состоит из нескольких устройств: вентилятор, пылеуловитель, фильтр тонкой очистки, воздуховоды, контейнер для сбора пыли.

Пылевой вентилятор – важнейший элемент, который нагнетает необходимый объем воздуха для эффективной работы всей системы. Прибор подбирают на основании объема и давления воздушного потока, учитывая его средние потери. Чаще всего в этой роли выступает радиальный пылевой вентилятор среднего или высокого давления. Пылеуловитель – устройство, разделяющее воздух и твердые частицы. Обычно это циклон или рукавной фильтр. Во время прогона потока через устройство опилки оседают внутри. Фильтр тонкой очистки – необходим, чтобы избавиться от микрочастиц древесной пыли для полной очистки воздуха перед выбросом в атмосферу или возвратом в цех. Воздуховоды – герметичные трубы, по которым

транспортируется сырье. Контейнер для сбора пыли – устанавливается вместе пылеуловителем или фильтром тонкой очистки, чтобы собирать осевшие материалы.

#### *Циклон для опилок и древесной пыли*

Циклон – самое распространенное решение для двухфазной очистки воздушных масс от частиц сырья (рис.1). Он представляет собой полый металлический конус, в центре которого есть цилиндрическая выхлопная труба.



Рисунок 1 – Циклон для опилок и древесной пыли

Принцип работы циклона основан на том, что внутри конуса создается отрицательное давление и поток, попадая в коническую камеру, закручивается по спирали вниз. Фракции сырья сталкиваются со стенками и опадают вниз на шлюзовой затвор, вращающиеся лопасти которого захватывают материал и выгружают его в нижний бункер, а очищенный от видимой пыли воздух устремляется вверх, к выхлопной трубе. На выходе из циклона он фильтруется повторно, проходя через фильтр тонкой очистки. Для этих целей часто используется рукавной фильтр.

Использование циклонов для деревообработки оправдывается за счет следующих преимуществ:

- простая и надежная конструкция без движущихся частей;
- не забиваются пылью, поэтому не теряют эффективности;
- исправная работа при практически любой температуре;
- стабильное гидравлическое сопротивление;
- удобное использование в системах пневмотранспорта при непрерывном перемещении потоков сырья;
- большая ремонтпригодность.

Основной недостаток данных устройств — необходимость дополнительной фильтрации, поскольку недостаточно эффективно задерживают мелкодисперсные частицы. Без дополнительного фильтра в атмосферу может попасть более 2% невидимой древесной пыли, что недопустимо по экологическим нормативам.

Циклоны располагают на расстоянии 10-15 м от здания или в непосредственной близости от него, если исключается попадание пыли внутрь здания через световые

или иные проёмы. Также под циклоны необходимо разработать централизованную систему аспирации с мощным вентилятором.

Циклоны для сепарации древесных отходов делятся на 3 типа:

*Циклоны серии Ц* выпускаются 18 типоразмеров и имеют маркировку от Ц250 до Ц1600. Цифра в маркировке характеризует диаметр корпуса в мм. Такие циклоны имеют интервал производительности  $L_{\min} = 500\text{--}700 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $L_{\max} = 18000\text{--}23000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

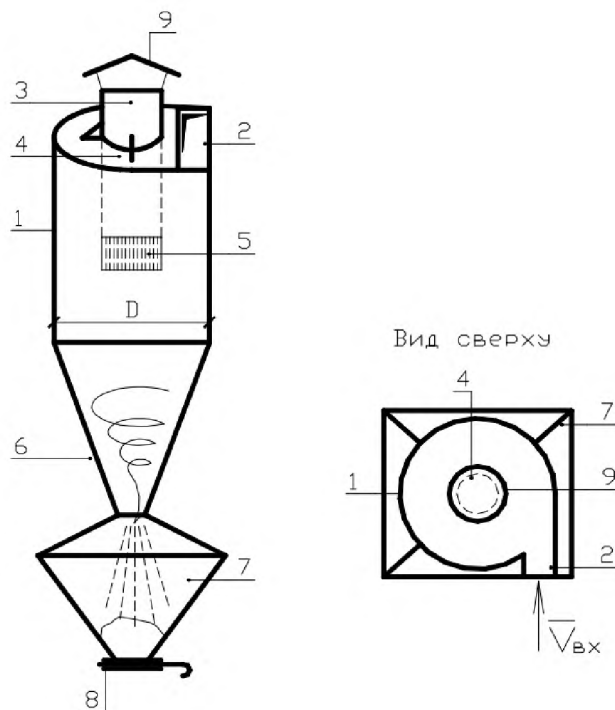


Рисунок 2 – Циклон серии Ц:

- 1 – цилиндрический корпус (барабан), 2 – входной патрубок прямоугольной формы, 3 – выхлопной патрубок круглой формы, 4 – внутренний стакан,
- 5 – сепаратор-цилиндр с щелевыми отверстиями и отогнутыми ребрами (есть только у этой марки циклонов), 6 – конус циклона, 7 – бункер-сборник,
- 8 – шибер до диаметра 315 мм при большом диаметре – затвор, 9 – зонт.

*Циклоны серии К* выпускаются 10 типоразмеров и имеют маркировку от К12 до К34. Цифра в маркировке характеризует диаметр корпуса в дм. Малые размеры этих циклонов имеют производительность  $L_{\min} = 1500\text{--}2500 \text{ м}^3/\text{ч}$ , большие  $L_{\max} = 37000\text{--}39000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Транспортирующая скорость для древесных отходов составляет  $v_{\text{ex}} = 14\text{--}18 \text{ м/с}$ . Отличительной особенностью данного циклона является конструкция выхлопного патрубка и соотношение вертикального размера корпуса и общего вертикального размеры циклона.

*Циклоны серии УЦ* выпускаются 15 типоразмеров и имеют маркировку от УЦ-500 до УЦ-2000. Цифра в маркировке характеризует диаметр корпуса в мм. Циклоны серии «УЦ» являются конусными. Их характерной особенностью является превышение в 2,5 раза вертикального размера конуса циклона по сравнению с вертикальным размером барабана корпуса. Эти циклоны имеют интервал производительности  $L = 700\text{--}800 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Скорость во входном патрубке для древесных отходов составляет  $v_{\text{ex}} = 14\text{--}18 \text{ м/с}$ . Основным достоинством конусных циклонов является их высокая эффективность очистки, которая сравнима с эффективностью очистки мокрых пылоуловителей.

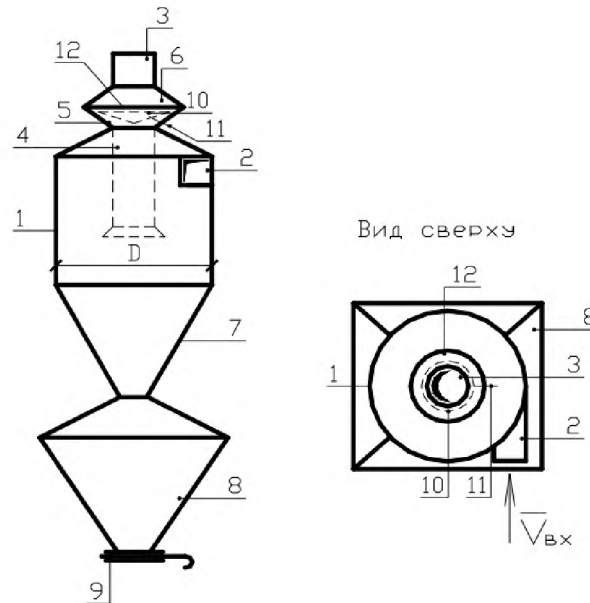


Рисунок 3 – Циклон серии К:

- 1 - цилиндрический корпус (барабан); 2 - входной патрубок прямоугольной формы; 3 - выхлопной патрубок круглой формы; 4 - внутренний стакан; 5 – нижний конус выхлопного патрубка; 6 – верхний конус выхлопного патрубка; 7 – конус циклона; 8 – бункер-сборник; 9 – затвор(шибер); 10 – каплеуловитель тарельчатой формы; 11 – водоотводящий патрубок; 12 – кольцевой зазор между нижним и верхним конусами выхлопного патрубка и внешним диаметром каплеуловителя.

*Список использованных источников:*

1. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование промышленной вентиляции. Справочник. – Киев: Будивельник, 1983г. – 256 с.
2. <https://albnn.com/production/articles/sistemy-aspiratsii-dlya-derevoobrabotki/> (дата обращения: 24.01.2021).
3. Кочев А.Г. Учебные пособия к курсу лекций по дисциплине «Вентиляция», курсовому и дипломному проектированию по дисциплине «Вентиляция» для студентов специальности 270100.65 «Теплогазоснабжение и вентиляция». – Нижний Новгород: Издание ННГАСУ, 2011г. – 178 с.

**Вершко Р.В.**

## **АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА**

*Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Янчилин П.Ф., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Система отопления относится к инженерным сетям зданий и является системой жизнеобеспечения, предназначенная для поддержания в помещениях оптимальной температуры. В данной работе запроектировал систему электрического

конвекторного отопления — в каждом помещении свой электрический отопительный прибор и электрического напольного отопления индивидуального жилого дома.

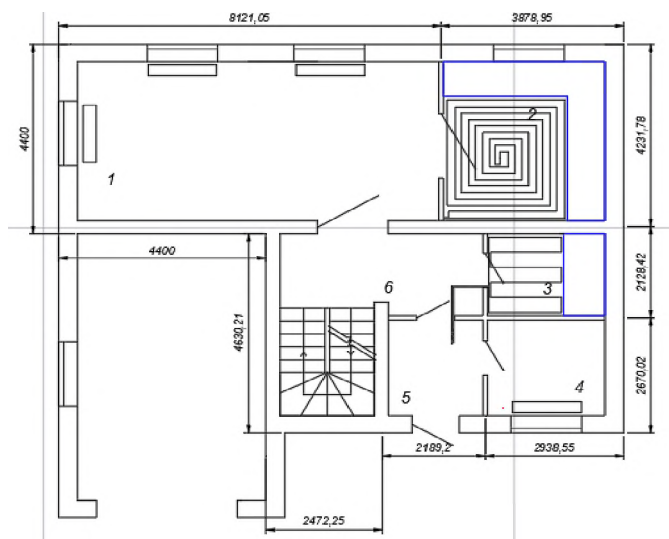


Рисунок 1 – План первого этажа с расстановкой отопительных приборов

Достоинствами систем электрического отопления являются:

- малый расход материала;
- простота монтажа при сравнительно небольших капитальных вложениях;
- транспортабельность;
- управляемость в широких пределах с автоматизацией регулирования.

Возможность гибкого управления процессом получения теплоты позволяет создавать системы отопления, быстро реагирующие на изменение теплотребности помещений.

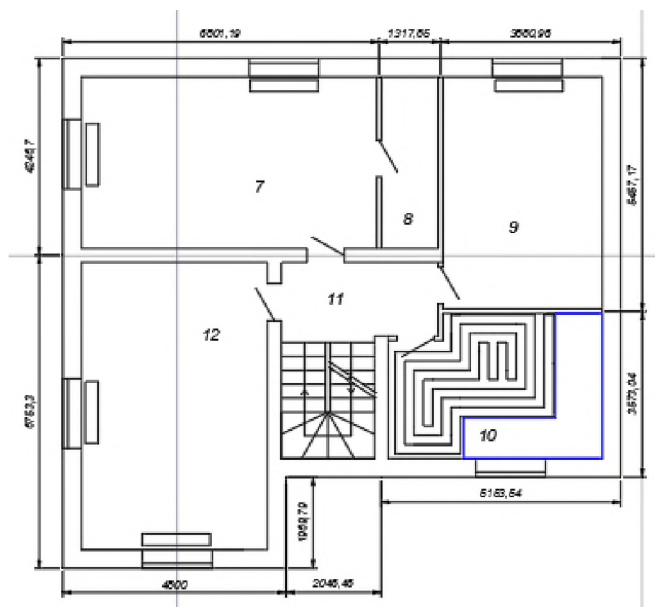


Рисунок 2 – План второго этажа с расстановкой отопительных приборов

К недостаткам электрического отопления относят:

- высокую температуру греющих элементов;
- повышенную пожарную опасность;
- теплопередача происходит путём конвекции (для человека более комфортно передача тепла путём излучения);

- пожарные требования (расстояние до горючих материалов не менее 60 см, нельзя оставлять детей одних со включёнными электрическими приборами и т. д.).

Таблица 1. Экономический расчет электрического отопления индивидуального жилого дома

| Наименование                    | шт. | м    | Цена, руб. | Итоговая цена, руб. |
|---------------------------------|-----|------|------------|---------------------|
| <b>Монтаж</b>                   |     |      |            |                     |
| Отдельная электрическая линия   |     |      | 1000       | 1000                |
| Тёплый пол                      |     |      | 400        | 400                 |
| Проводка                        |     |      |            | 300                 |
| <b>Оборудование</b>             |     |      |            |                     |
| Конвекторы                      |     |      |            | 2000                |
| Теплый пол (за м <sup>2</sup> ) |     | 46,2 | 24         | 615,6               |

Итоговая стоимость монтажа электрических конвекторов и электрического тёплого пола – 1700 руб. (цены приведены на 09.04.2022 г.)

Суммируя всю стоимость оборудования получим – 3108,8 руб. Как видно из таблицы наиболее дорогое оборудование это отопительные приборы.

За 6 месяцев отопительного сезона индивидуальный жилой дом расходует 8688 кВт электроэнергии, 1 кВт = 0,04 руб. следовательно, в итоге получаем 260,64 руб.

Итоговая стоимость системы электрического конвекторного отопления и электрического напольного отопления индивидуального жилого дома составляет – 5069,24 руб.

*Список использованных источников:*

1. СН 4.02.03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2019.
2. Технический каталог продукции компании «ГЕРЦ Арматурен», 2018.

**Теребей В.А., Емельянова А.П.**

### **МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Механическая вентиляция относится к наиболее идеальным, эффективным и практичным вариантам, которые применяют для любых видов строений. Данная система вентиляции обеспечивает непрерывное движение чистого воздуха благодаря специальным вентиляторам или эжекторам. Также в механических системах вентиляции, помимо основной вентиляционной системы, используют электродвигатели, шумо-пылеуловители и воздухонагреватели и другие автоматизированные системы, которые способствуют перемещению воздуха в условиях больших пространств.

Механическая система вентиляции позволяет проводить обработку, фильтрацию, подогрев, увлажнение или же охлаждение приточного воздуха, что не возможно при использовании естественном воздухообмене.

Следует учитывать и тот факт, что чем сложнее обустройство механических систем вентиляций, тем дороже будет ее установка и значительно повышается потребление электроэнергии.

Система приточно-вытяжной вентиляции основывается на создании двух встречных потоков. Такая система может быть создана либо на основе независимых подсистем притока и вытяжки воздуха – с собственными вентиляторами, фильтрами и т.д., либо на основе одной соответствующей установки, работающей как на приток, так и на вытяжку.

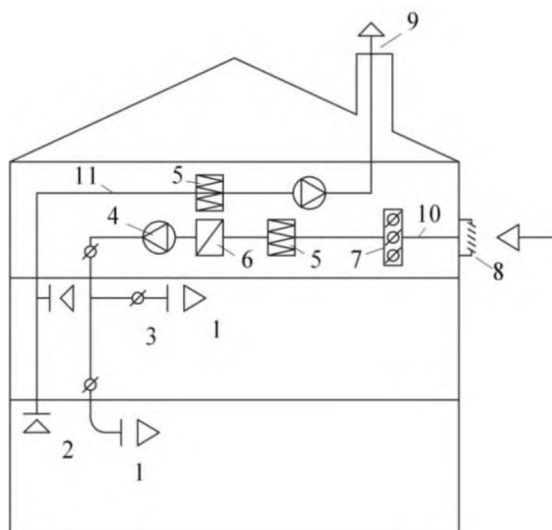


Рисунок 1 – Система приточно-вытяжной вентиляции:

- 1 – воздухораспределители; 2 - воздухоприемные устройства (решетки);
- 3 – заслонки; 4 – вентилятор (приточный, вытяжной); 5 – фильтр;
- 6 – воздушонагреватель; 7 – воздушный клапан; 8 – наружная решетка;
- 9 – зонтик вытяжной; 10 – приточный воздуховод; 11 – вытяжной воздуховод

Удобство таких систем не только в облегчении установки и монтажа, но и в эксплуатации, а также в дополнительных свойствах таких систем. При работе механической приточно-вытяжной вентиляции воздух в помещении полностью сменяется минимум 1 раз в час. Но вместе с воздухом из помещений столь же интенсивно уходит тепловой потенциал. Например, зимой удаляется воздух, нагретый до 20°C, а поступает вместо него холодный наружный воздух с отрицательной температурой. Если вентиляция не будет оснащена блоком подогрева наружного воздуха, то система будет работать в режиме охлаждения.

Для того чтобы подогреть наружный воздух может быть использован электрический или жидкостной блок подогрева. В нем воздух проходит через калорифер или теплообменник, а блок автоматики контролирует нагрев.

С точки зрения энергосбережения такое решение не самое лучшее. Дело в том, что на нагрев поступающего воздуха уходит столько же энергии, сколько бы потратила система отопления для компенсации теплопотерь через вентиляцию.

Более эффективно минимизировать теплопотери приточно-вытяжной вентиляции способен только рекуператор тепла. Это устройство представляет собой блок, в котором выходящий воздух обменивается теплом с входящим. Рекуператоры тепла могут иметь различную конструкцию, но суть их одна – отбирать тепловой потенциал у исходящего воздуха, и передавать его входящему.

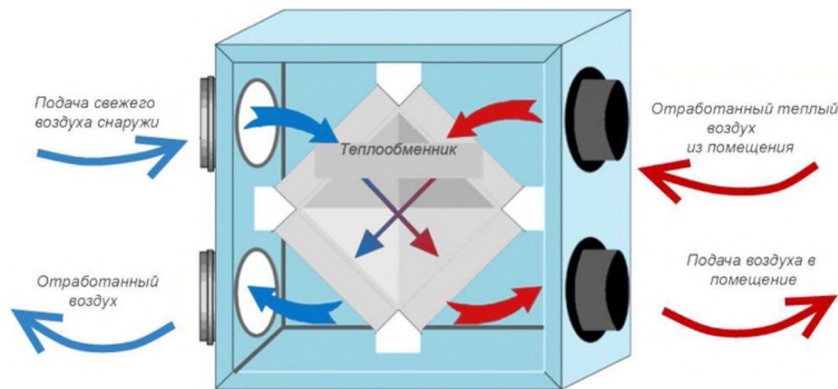


Рисунок 2 – Схема рекуператора

Применение рекуперации позволяет сэкономить до 75% тепла, которое было бы потеряно при его отсутствии. Самые эффективные рекуператоры, позволяющие добиться таких результатов, стоят недешево. Но они рентабельны, особенно при постоянно растущей стоимости энергоносителей для населения.

Важным моментом в устройстве приточно-вытяжной вентиляции является фильтрация наружного воздуха. Если воздух забирать непосредственно с улицы, то при нормальной интенсивности воздухообмена помещение площадью 100 кв. м. будет ежедневно поступать 7200 куб. м воздуха. Это довольно внушительный объем, но наружный воздух далеко не всегда бывает идеального качества. Он часто требует кондиционирования, т.е. доведения до требуемой кондиции.



Рисунок 3 – Фильтрующие элементы в системе вентиляции

Для очистки воздуха от твердых частиц (пыли) используются тонкие механические фильтры. Они способны задерживать частицы размером до 0,05 мкм. Наиболее эффективными на сегодняшний день считаются НЕРА-фильтры. Они состоят из мельчайших синтетических волокон диаметром 0,65-6,5 мкм. Очистка воздуха от химических загрязнителей осуществляется угольным фильтром. Такие фильтры устанавливаются преимущественно в системах, расположенных в плотной городской застройке или в непосредственной близости к автомагистралям.

Принудительная вентиляция, в отличие от естественной, позволяет подвергать входящий воздух многоступенчатой очистке. Это не может не сказываться и на микроклимате помещения. Входящий воздух можно осушать, увлажнять, обогащать отрицательными ионами, дезинфицировать, ароматизировать.

Приточно-вытяжные установки считаются одними из самых популярных за счет таких преимуществ использования:

- принудительная система вентиляции достаточно эффективна по сравнению с другими видами оборудования;



- качественное очищение и прогрев воздуха внутри помещения, с возможностью выбора мощности и типа системы, как для жилого, так и для производственного помещения.

Также важно учитывать и некоторые недостатки:

- при работе такая система вентиляции создает достаточно много шума, что требует использования специальных шумопоглощающих коробов;
- нагрев только того воздуха, который проникает в помещение;
- отсутствует охлаждение принудительное;
- каналы рекуператора могут заполняться конденсатом, который нужно удалять из системы.

*Список использованных источников:*

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://baltservice.net/ventilyatsiya-i-konditsionirovanie/vidy-konditsionerov-i-ventilyatsii/vidy-ventilyatsii/mekhanicheskaya/>. – Дата доступа: 25.03.2022.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://venteler.ru/pritochno-vytyazhnaya-ventilyatsiya-plyusy-minusy/>. – Дата доступа: 25.03.2022.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://dompodrobno.ru/pritochno-vytyagnaya\\_ventilyatsiya/](https://dompodrobno.ru/pritochno-vytyagnaya_ventilyatsiya/). – Дата доступа: 25.03.2022.

**Шепетуха В.О., Лавринович А.Н.**

## **ВЕНТИЛЯЦИЯ СЫРОДЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Ключева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Сыродельные заводы различают по видам вырабатываемых сыров и мощности. Они размещаются в зоне наличия качественного сыропригодного молока с мощностью 25 тонн и более перерабатываемого молока в смену. Особое внимание в развитии сыроделия в городах и рабочих поселках уделяется производству быстросозревающих сыров. Тип сыродельного завода обусловлен характером переработки сыворотки. Существуют заводы с цехами по сгущению и сушке сыворотки, производству молочного сахара (лактозы). На сыродельных заводах, кроме того, предусматривается производство масла и цельномолочной продукции отходов во время активной фазы использования [1].

Организация вентиляции сыродельного производства необходимо ориентироваться на назначение цехов или участков.

*Сырный цех.* Вытяжка во все периоды предусматривается механическая общеобменная из верхней зоны помещения. Приток во все периоды механический в рабочую зону с минимальным количеством воздухораспределительных устройств при горизонтальных струях на уровне не более 4 метров от пола с очисткой воздуха.

*Цех обработки сыра.* Вытяжка во все периоды механическая общеобменная из верхней зоны помещения, а также местная от укрытий машины для обсушки сыра и зонта над парафинером. Приток во все периоды механический общеобменный в

рабочую зону с минимальным количеством воздухораспределительных устройств при горизонтальных струях на уровне не более 4 метров от пола с очисткой воздуха.

*Соляное отделение, камера созревания.* Вытяжка во все периоды механическая общеобменная из верхней зоны помещения. В помещениях производится технологическое кондиционирование с рециркуляцией воздуха. Количество наружного воздуха принимают по данным технологов [2].

Когда работает сырный цех, больше количество влаги и тепла выделяется в воздух помещения. Теплая и влажная среда — оптимальный микроклимат для развития бактерий и микроорганизмов, а их наличие затрудняет производственный процесс. Существенное количество влаги выделяет сыродельная ванна (некоторые модели могут быть объемом более пяти тонн), такое оборудование, как сыромоечная машина, ванны длительной пастеризации. Избытки тепла создают в производственных помещениях парафинер, технологические линии обработки продукции, а также холодильные камеры. Для создания персоналу комфортных условий труда необходимо поддерживать температурный режим 16-22°C, влажность не выше 60-65% [3].

Задачи, стоящие перед вентиляцией сырного цеха:

- Отводить излишнее количество влаги и тепла.
- Предотвращать появление и развитие колоний бактерий.
- Подогревать притекающий воздух в холодный сезон.
- Очищать от пыли и обеззараживать воздух, поступающий в помещение.
- Подавать кислород в достаточном количестве.

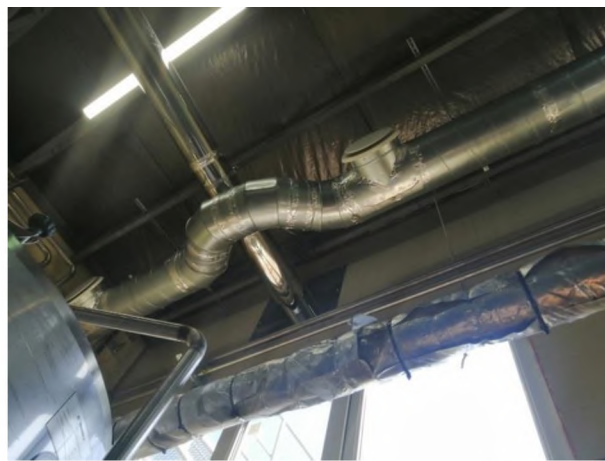


Рисунок 1 – Система воздухопроводов цеха изготовления сыра

В сырных цехах формировать микроклимат допустимо исключительно с использованием вентиляции промышленного типа, поскольку системы бытового или коммерческого назначения не имеют достаточной защиты от влажности, к тому же они не рассчитаны на круглосуточное функционирование без перерывов.

Поскольку процесс сыроварения является открытым, в производственных помещениях необходимо строго соблюдать правила санитарии и гигиены. Недопустимо попадание в цеха загрязненного внешнего воздуха.

Учитывая основные требования, предъявляемые к вентиляции сырного цеха, необходимо для отвода избытков тепла и влаги спроектировать механическую систему вентиляции приточно-вытяжного типа. Базой приточной вентиляции является приточная установка, в которой поступающие массы воздуха подвергаются очистке, проходя сквозь фильтры различных видов: грубой и тонкой очистки,

биологические фильтры. Затем воздух подогревается калориферами. Забор воздуха должен производиться на высоте не менее двух метров от уровня почвы, причем это должно происходить на территории предприятия с наименьшей степенью загрязненности воздуха.

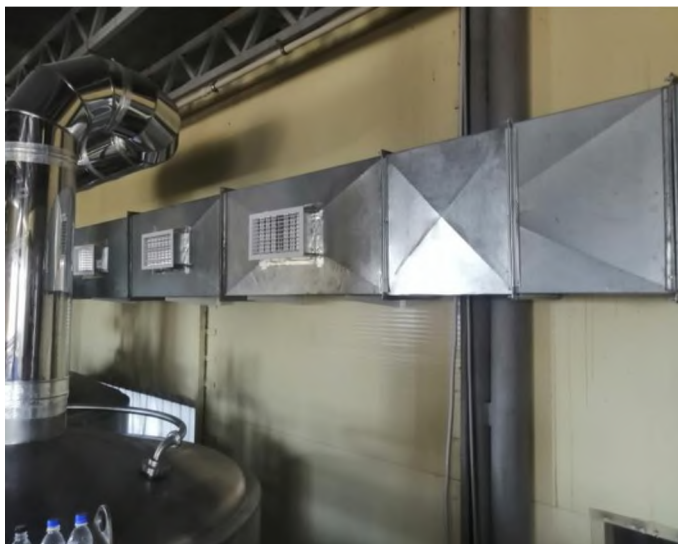


Рисунок 2 – Общеобменная и местная вентиляция цеха изготовления сыра

При расчете мощности вентиляционной установки учитывается необходимость преодолевать давление, которое возникает в воздуховодах с их многочисленными разветвлениями и фильтрах. Загрязненные фильтрующие вставки необходимо своевременно менять.

В рабочей зоне сырного цеха должна работать приточная вентиляция. Воздушные потоки из верхней части помещения идут в горизонтальном направлении на высоте не превышающей 4 метров. Для удаления избыточной влаги в верхнюю зону помещений (высотой более 5 метров) со значительными влаговыведениями подается сухой нагретый воздух, который собственно и поглощает влагу, а затем удаляется вытяжной вентиляцией. У наружных ворот производственных помещений и проемов в наружных стенах для приема сырья, выдачи готовой продукции, тары и др. обязательно наличие тепловых завес [3].

Таким образом, система вентиляции должна присутствовать в зданиях любого типа, так как чистый воздух требуется не только человеку, но и важен для нормального течения технологических процессов. В частности, благодаря регулированию температуры и влажности в помещениях за счёт приточной вентиляции на оборудовании не собирается влага, не окисляются ее металлические детали. Особенно это актуально на промышленных предприятиях, где производственные процессы часто сопровождаются большим выделением тепла, влаги и вредных примесей. Всё это утилизируются для того, чтобы условия труда соответствовали нормам. Поэтому к системам вентиляции производственных помещений предъявляются высокие требования относительно эффективности работы.

*Список использованных источников:*

1. Трутнев Н.В. Учебно-методическое пособие для студентов специальности 110305 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции». – Пермь, 2009.
2. <https://www.ventkrasnodar.ru> (дата обращения: 28.03.2022).
3. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. – М.: АСВ, 2001.

**Петрукович А.С., Каперейко Ю.В.**

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ЦЕХОВ САХАРНОГО ЗАВОДА**

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-16. Научный руководитель: Клюева Е.В., м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.*

Производство сахара — одна из важных отраслей пищевой промышленности, так как в современном мире сахар добавляется в значительную часть продуктов питания. Однако производство сахара — процесс довольно трудоемкий и дорогостоящий, требующий наличия оборудования, которое в большинстве своём загрязняет окружающую среду сахарной пылью и другими вредными выделениями. В связи с этим в производственных помещениях сахарных заводов требуется максимально эффективная система вентиляции и очистки воздуха. Кроме того для уменьшения капиталовложений и себестоимости сахарной продукции данные системы должны быть дешевыми, экономичными во время эксплуатации, при обслуживании и максимально производительными в очистке воздуха от вредностей.

Основными вредностями на подобных заводах являются сахарная пыль, влажность, избытки тепла и газовые выделения. Главной проблемой является улавливание пыли, которая появляется вследствие множества перемещений, пересыпаний сыпучих продуктов, работы негерметизированного оборудования, из-за чего происходит значительная запыленность помещений и рабочих зон, что в свою очередь приводит к ухудшению качества воздуха, а так же повышается взрывоопасность помещений.

С экологической проблемой тесно связана и экономическая, так как сырье, теряемое с выбросами аспирационного воздуха, имеет в большинстве случаев значительную ценность.

Одной из специфических черт проектирования систем вентиляции сахарных производств являются довольно высокие значения допустимых температур и подвижности воздуха для всех 3-х периодов года. Например, для сушильного отделения сахарорафинадного завода допустимая температура воздуха в зимний период равна 23°C, а допустимая подвижность воздуха в летний период может достигать до 0,8 м/с. Кроме того системы вентиляции на сахарных заводах довольно часто совмещают с системами воздушного отопления. Следовательно, для поддержания требуемой температуры воздуха в зимний период принимают достаточно высокую температуру приточного воздуха (15-16°C), что уже в свою очередь требует установки мощного калорифера и вентилятора.

Характер и свойства основных выделяющихся вредностей требуют использования специфических проектных решений, т.к. совместно с производством сахара, на сахарных заводах производят также лимонную кислоту и известь, пыль которых также витает в воздухе отдельных цехов. Запылённость и высокая тепловая загроуженность помещений предполагают схему подачи и удаления воздуха «снизу-вверх» наиболее эффективную при данном наборе вредностей. Однако, в моечных, диффузионных и продуктовых отделениях, где отсутствуют пылевыведения, наблюдаются значительные влаговыведения от оборудования и газовые выделения веществ, участвующих в технологических процессах обработки сырья (формальдегид, диоксид серы, диоксид углерода). Конкретно в этих помещениях наиболее эффективной схемой подачи воздуха является «сверху и снизу – вверх».

Неблагоприятное качество воздушной среды компенсируется установкой местных систем вентиляции (кроме общеобменной). Наиболее распространена установка местных отсосов открытого типа (боковые отсосы, пылеулавливающие воронки, вытяжные зонты) и полуоткрытого типа (укрытия). Это связано с низкой химической опасностью сахарной пыли и большими объемами производства сыпучего вещества, где установка более герметичных видов местной вытяжной вентиляции могло бы помешать технологическому процессу. Для улучшения условий труда в сахарных цехах, наполненных тепловыделяющим и пылящим оборудованием, предусматриваются системы воздушного душирования в помещениях, где не поддерживаются допустимые параметры микроклимата. В некоторых отделениях сахарных заводов (фильтр-прессовые, сушильные, клеровочные) душирование рабочих мест является обязательным условием для обеспечения комфортных условий работы. Для предотвращения попадания холодного воздуха в помещение через открытые проемы технологических ворот их оборудуют воздушно-тепловыми завесами.

Сахарная пыль чрезвычайно пожаро- и взрывоопасна, что предполагает установку вентиляционного оборудования в пожаро- и взрывобезопасном исполнении. Воздуховоды системы вентиляции должны быть изготовлены из листовой стали, а, конкретно, вытяжные воздуховоды местных отсосов должны предполагать возможность их очистки от осевшей на стенках пыли, т.е. снабжены специальными люками и соединяться между собой разъемными соединениями. Рекомендуется оборудование цехов системой аварийной механической вентиляции, обеспечивающей 8-кратный воздухообмен. Если же она не предусмотрена, то системы местной вентиляции, удаляющие различные виды пыли, а также системы общеобменной вентиляции сушильных отделений, цехов сахарной пудры и бестарного хранения сахара должны быть оснащены резервным вентилятором.

Рекомендуется размещать вентиляционное оборудование в венткамерах, где обеспечивается 1-кратный естественный воздухообмен. При этом категорически запрещено размещение вентоборудования в отделениях тарного и бестарного хранения сахара.

Перед вентилятором следует устанавливать пылеуловители сухой очистки. Для сахарных производств чаще всего используют циклоны. Они достаточно эффективны, при этом гораздо более выгодны с экономической точки зрения, нежели рукавные фильтры или электрофильтры. Когда сахарная пыль не утилизируется или может использоваться в производстве в мокром виде, также следует устанавливать различные виды скрубберов (полые, насадочные или механические) — устройства для мокрой очистки от сахарной пыли с возвратом воды в производство.

*Список использованных источников:*

1. Хрусталева Б.М., Копко В.М., Пилюшенко В.П., и др. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. Б.М. Хрусталева. – Минск: Дизайн ПРО, 1997г.п.
2. Штокман Е.А. – «Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности» - М.АСВ, 2001 – 564 стр.

Научное издание

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара. ЧАСТЬ II, Брест, БрГТУ, 22 апреля 2022 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2022. – 78 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