

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «БРЕСТОБЛГАЗ»

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



ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ

Материалы международного научного семинара

Брест 2024

УДК 620.9

ББК 72.33

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара. Брест, БрГТУ, 16 апреля 2024 года / Под ред. В. Г. Новосельцева, П. В. Северянина – Брест : УП «Брестоблгаз», 2024. – 200 с.

В настоящем сборнике публикуются материалы международного научного семинара на тему «Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях», который состоялся в Брестском государственном техническом университете 16 апреля 2024 года. Издание адресуется преподавателям учебных заведений, студентам вузов, магистрантам, аспирантам, всем, кто интересуется проблемами энергетической безопасности.

Публикация материалов рекомендована кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Издание материалов научного семинара осуществлено за счет финансовой поддержки со стороны Унитарного предприятия «Брестоблгаз».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Атаджанов Б. О., Ширмаммедов Т. А., Данатаров В. Д., Душмадова О. М.	7
ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ОСОБЫХ СТЕПЕНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И РАЙОНОВ С ВЫСОКОЙ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ.....	7
Галимова Н. П.	9
БРЕСТСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ: ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ (1949–1959 гг.).....	9
Глушко К. К., Глушко К. А.	13
ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО И ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ПРОСЛОЕК .	13
Гуцул В. Г., Гуцул В. И.	17
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ	17
Джумаев А. Я.	22
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	22
Зайцев О. Н., Аверкова О. А., Зайцева Е. О.	26
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗАКРУЧЕННОЙ ПРИТОЧНОЙ СТРУИ НА ВЫХОДЕ ИЗ КРУГЛОГО ПАТРУБКА	26
Зайцев О. Н., Никитин М. М., Лопатин С. С.	29
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	29
Каперейко Ю. В., Заречный А. О.	32
ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТЕОПРОГНОСТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМАМИ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	32
Клюева Е. В., Клюева Л. В., Янчилин П. Ф.	35
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ КАК ФАКТОР УСПЕШНОСТИ СТУДЕНТОВ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	35
Ляхов С.В., Гончаров И.П.	39
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА, ВОДЫ, ТЕПЛА ВОЗДУХА И ЗЕМЛИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ МИНТРАНСА	39
Новосельцев В. Г, . Новосельцева Д. В., Лукша В. В.	43
РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА.....	43
Нурбердиев А. Ч., Нурыев Р. Ш., Бердиева М. Ч., Гулгелдиева Х. А.	48
НОРМАТИВЫ ОСВЕЩЕНИЯ В МЕДУЧРЕЖДЕНИИ	48
Оразов И. К., Атаева Г. К.	51
КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ОТОБРАЖАЮЩАЯ ФИЗИЧЕСКУЮ ШАХМАТНУЮ ИГРУ НА ЭКРАНЕ КОМПЬЮТЕРА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.	51
Пардаев О. Н., Исаков Б. У., Махмудов С. А.	60
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ТЕПЛОЗАЩИТА (ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ) СТЕН ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ СУХОЖАРКОГО КЛИМАТА УЗБЕКИСТАНА.	60

Прокопеня О. Н., Прожишко О. Г., Олех А. Г., Лапука А. С.	63
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА	63
Пухкал В. А., Петров М. М.	66
ОБМЕРЗАНИЕ ИСПАРИТЕЛЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ПРИТОЧНО- ВЫТЯЖНЫХ УСТАНОВКАХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ	66
Савчук Т. П.	70
АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В БЕЛАРУСИ	70
Семичева Н. Е., Зайцев О. Н., Меннанов Э. М.	73
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВУХТРУБНОЙ ВОДЯНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	73
Сунь Цзяминь, Пономарев Н. С., Уляшева В. М.	76
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	76
Тиркишов Б., Велланов А., Акыев Б., Акыев Ш.	81
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В ТУРКМЕНИСТАНЕ ..	81
Халмухаммедова М. Х.	85
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДЫ.....	85
Хабиров Ю.М., Соловьев Р.А., Хамидуллин И.С., Важаев К.В.	87
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	87
Ханчаев Б. А., Сарыев В. Б.	89
ПРОИЗВОДСТВО «ЗЕЛЕННОГО» ВОДОРОДА В ТУРКМЕНИСТАНЕ: ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ	89
Черноиван Н. В., Вашкевич Р. И.	93
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФАСАДОВ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	93
Чернюк В. П., Шляхова Е. И.	97
К РАСЧЕТУ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С УШИРЕННЫМ ОСНОВАНИЕМ	97
Чопанов Г. А.	100
ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНВЕКЦИИ ЦИФРОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ.....	100
Шаламберидзе З. П., Стариков А. Н.	106
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕБНОГО КОРПУСА № 8 ВЛАДИМИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.....	106
Янчук В. В., Романюк В. Н.	110
РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПОДОГРЕВ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПАРОТУРБИННОГО ЦИКЛА ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ	110

ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Брандлер В. А.	114
ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ	114
Брандлер В. А., Василевич А. С.	117
КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ.....	117
Волчок С. А., Григорук В. А.	120
ОПРЕССОВКА СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	120

Касперович Д. А.	124
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ УСТАНОВКИ БАЙПАСА У ПОЛОТЕНЦЕСУШИТЕЛЕЙ В ПОСЕКЦИОННО ЗАКОЛЬЦОВАННОЙ СИСТЕМЕ ГВС С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ СТОЯКОМ	124
Касперович Д. А.	127
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕНТИЛЯТОРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ	127
Касперович Д.А.	133
ИЗУЧЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ВЕТРА.....	133
Калютич Е.В., Бычкова М.Н., Лыч Е.А.....	138
ОБЗОР ДЕКОРАТИВНЫХ ЭКРАНОВ ДЛЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ	138
ПРИБОРОВ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	138
Косынюк А. А., Королев И. В.	140
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООТДАЧИ КОНВЕКТОРА	140
Кривецкий Н. С.	143
ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ	143
Кривецкий Н. С.	148
ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА	148
Кривецкий Н. С.	150
ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА	150
Максимович Е. А., Молитвик П. М.....	153
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ	153
Молитвик П. М., Максимович Е. А.....	157
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	157
Мороз М.О.....	160
ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ МАЙНИНГ ФЕРМЫ ИСХОДЯ ИЗ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ.	160
Мороз М. О., Терещук М. Н.	167
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ	167
Орлик Е. О.....	171
ТИПЫ НАСТЕННЫХ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ В ПОКВАРТИРНОЙ СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	171
Рогачевская Д. С.	177
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ УСТАНОВКИ БАЙПАСА У ПОЛОТЕНЦЕСУШИТЕЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ГВС	177
Рязанова К. А., Сафонова А. А.	180
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ	180

Рязанова К. А., Сафонова А. А.	183
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА	183
Силюк Я. А.	187
ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА	187
Силюк Я. А.	189
ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА	189
Терещук М.Н.	192
ПРОБЛЕМАТИКА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ В МАЙНИНГ ФЕРМАХ.	192
Хабиров Ю.М., Соловьев Р.А., Хамидуллин И.С., Важаев К.В.	195
ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ СТОЧНЫХ ВОД.....	195
Охримук А., Шрейдер А., Вечканов Б., Мамро Е., Агеев А. М.	198
БЫТОВОЙ ТВЕРДОТОПЛИВНЫЙ ПИРОЛИЗНЫЙ КОТЕЛ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОЙ ВОДЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.....	198

Атаджанов Б. О., Ширмаммедов Т. А., Данатаров В. Д., Душмадова О. М.

ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ОСОБЫХ СТЕПЕНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И РАЙОНОВ С ВЫСОКОЙ ГРОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

*Государственный энергетический институт Туркменистана.
Атаджанов Б. О. – преподаватель; Ширмаммедов Т. А. – старший преподаватель;
Данатаров В. Д. – преподаватель; Душмадова О. М. – студент*

Повышение надежности полимерных изоляторов III поколения обеспечивается защитой от проникновения влаги самого слабого узла – входа стержня в оконцеватель. Вход перекрывается защитной оболочкой, обладающей высокой адгезией к оконцевателю и стержню изолятора (рисунок 3). Кремнийорганическая смесь вулканизуется при высокой температуре и повышенном давлении на предварительно обработанных праймером поверхностях стержня и опрессованных на нем оконцевателях непосредственно в пресс-форме. Температура, давление, подбор праймера гарантируют высокую адгезию оболочки к металлу и стержню. Стабильность процесса обеспечивается автоматикой. На изоляторах II поколения герметизация узла, т. е. входа стержня в оконцеватель, осуществлялась проклеиванием вручную компаундом холодного отверждения (рисунок 4), то есть так же, как это делалось ранее на изоляторах, изготовленных по «шашлычной» технологии (рисунок 1). Отмечаются случаи разгерметизации стыка оконцевателя и защитной оболочки, что приводит к внутреннему увлажнению стержня (рисунок 5). Это становится причиной неизбежной потери изолятором его механической и электрической прочности.

Эволюция подвесных полимерных изоляторов:
I ПОКОЛЕНИЕ

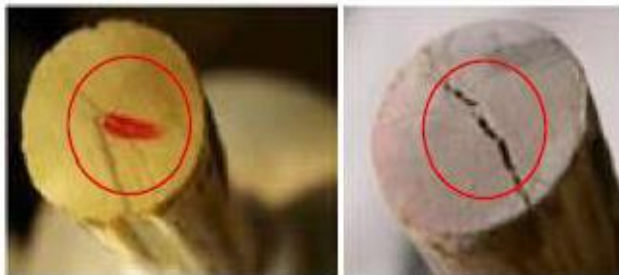


Рисунок 1, 2 – Клееная (шашлычная) конструкция с кремнийорганической защитной оболочкой. Частые случаи разгерметизации многочисленных швов приводят к внутреннему увлажнению изоляторов и их выходу из строя

II ПОКОЛЕНИЕ



Рисунки 3, 4 – Цельнолитой изолятор с кремнийорганической оболочкой и клеевой герметизацией узла сопряжения оконцевателя с защитной оболочкой.



Рисунки 5, 6 – Повреждения стержней у изоляторов аварийной ситуации. Под воздействием механических нагрузок при работе на линии изоляторы, имеющие такие скрытые повреждения стержней, подвержены очень быстрому полному механическому разрушению.

Важная особенность в технологии изготовления изоляторов III поколения – исключение возможности неконтролируемого повреждения стеклопластикового стержня при опрессовании оконцевателей в процессе сборки изолятора (рисунок 7). Опрессование оконцевателей производится до нанесения на стержень кремнийорганической оболочки, и повреждение стержня, если оно произошло при опрессовании оконцевателей, контролируется визуально и с помощью акустических аппаратов, что невозможно при изготовлении изоляторов предыдущих поколений.

III ПОКОЛЕНИЕ

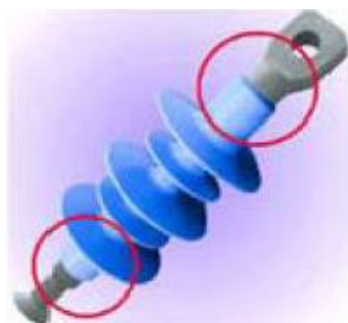


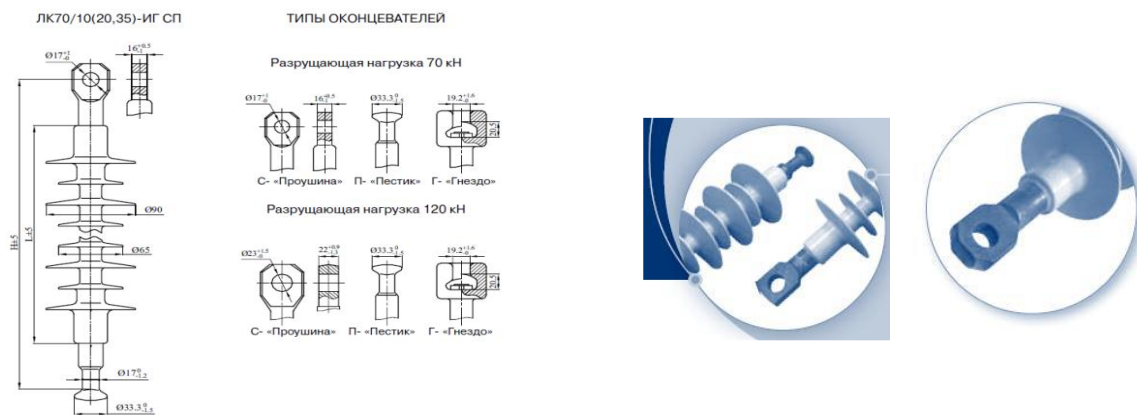
Рисунок 7 – Цельнолитой изолятор III поколения с кремний-органической оболочкой и защитой от проникновения влаги узла входа стержня в оконцеватель.

Подводя итог конструктивных отличий полимерных изоляторов III поколения, необходимо отметить:

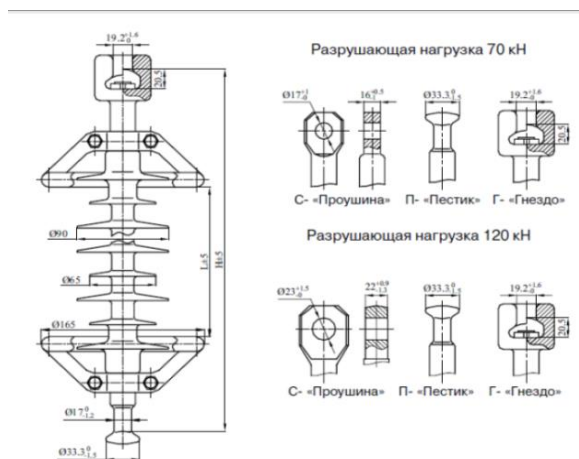
- надежную герметизацию узла сопряжения (оболочка – стержень – оконцеватель) благодаря заходу защитной оболочки на оконцеватели и полного исключения клеевых швов из конструкции изоляторов;
- исключение возможности неконтролируемого повреждения стеклопластиковых стержней при опрессовании оконцевателей в процессе сборки изоляторов.

Изоляторы III поколения имеют и самые высокие разрядные характеристики относительно других полимерных изоляторов. Особенно наглядно это видно на примере изоляторов, специально разработанных для особых степеней загрязнения и районов с высокой грозовой активностью (рисунок 8).

За последние десять лет, например, доля применения полимерных подвесных изоляторов при строительстве ВЛ выросла с 2-х до 14-ти %. Последнее обстоятельство, безусловно, должно послужить новым толчком к активному использованию полимерных изоляторов в отечественной энергетике.



а)



б)

Рисунок 8 – Изоляторы на напряжение 10–35 кВ (а) и 110–220 кВ (б) для районов с особой степенью загрязнения и высокой грозовой активностью

Список использованных источников

1. Арматура и изоляторы для воздушных линий электропередачи / Отраслевой каталог. М., АО «Информэнерго», – 2001. – 225 с.
2. Александров, Г. Н. Новые средства передачи электроэнергии в энергосистемах. / Г. Н. Александров [и др.] – Л. : изд-во ЛГУ, – 1987. – 232 с.

Галимова Н. П.

БРЕСТСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ: ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ (1949–1959 ГГ.)

ГУО «Брестский областной институт развития образования»

Данная статья написана автором на основании воспоминаний и интервью с ветеранами филиала «Брестэнерго» Брестские тепловые сети: Н. М.Павленко, Г. К. Галимовым, Н. И. Бойко, А. В. Никонюк, Т. Л. Карпук.

До середины 50-х годов развитие промышленности г. Бреста проходило в соответствии с директивами пятого (1951–1955 гг.) пятилетнего плана развития промышленности и народного хозяйства СССР. Проект плана развития промышленности г. Бреста на 1950–1952 гг. предусматривал увеличение роста валовой продукции на 25,2 % по сравнению с 1949 г., а кооперативной – на 42,5 %. Этот рост должен был быть осуществлен, в основном, за счет повышения производительности труда и ввода в эксплуатацию новых производственных мощностей. За этот период построили швейную фабрику, завод сборного железобетона, цех по переработке отходов при мебельной фабрике, первую очередь мясокомбината. Все это увеличило спрос на электроэнергию, которой к этому времени катастрофически не хватало.

В 1950 г. была приобретена и установлена в турбинном цехе Брестской ГЭС противоаварийная турбина фирмы «Элиот» США мощностью 0,25 МВт, напряжением 0,4 кВ. Одновременно на железнодорожной платформе был установлен дизель-генератор мощностью 300 л.с, мощностью генератора 0,225 МВт, напряжением 0,4 кВ.

К середине 50-х гг. под руководством директора Н. И. Кустикова Брестская ГЭС добилась хороших результатов, как в экономии топлива, так и в соблюдении трудовой и технологической дисциплины. Неоднократно трудовой коллектив становился победителем социалистического соревнования среди предприятий Главэнергоуправления при Совете Министров БССР. Это не прошло незамеченным, и 20 апреля 1952 года приказом № 55 от 19.04.1952 его перевели на другую работу в Главтехуправление в г. Минск. Новым директором был назначен Василий Николаевич Качалов.

В этот период электрификация интенсивно развивалась не только в городах, но и в сельской местности, а особенно в близлежащих к городу деревнях. Цех электросетей Брестской ЦЭС строил линии 0,4 кВ. на деревянных опорах (из деревьев, спиленных в близлежащих лесах, без пропитки). Воздушные линии напряжением 6,3 кВ., которые передавали напряжение в сельскую местность, строились по системе ДПЗ (два провода – земля). Трансформаторные подстанции были мачтовые, на П- и АП-образных деревянных опорах, с установкой низковольтной коммутационной аппаратуры в деревянных ящиках, которые изготавливали сами колхозы. Строительство велось с использованием гужевого транспорта, монтажных приспособлений типа ручных лебедок, домкратов, блоков и полиспасов, буров, изготовленных в колхозных кузницах по просьбе электромонтеров или самими монтерами. Опоры линий электропередачи изготавливались на месте установки, котлованы для них копались вручную, ступенями. Деревянные опоры устанавливались также вручную с помощью багров и ухватов. По-прежнему электроэнергию получали в основном центральные усадьбы, близкорасположенные хоздворы, мастерские. Для МТС, как правило, сооружались собственные тепловые (дизельные) электростанции. Города, такие как Кобрин, Домачево, Ружаны, Пружаны и др. не имели организованных электрических сетей, поскольку не было генерирующих источников.

К этому времени дефицит по энергообеспечению потребителей электрической энергией составил почти 40 %. В максимумы нагрузок стали вводиться ограничения. Были введены льготные тарифы на энергопотребление в ночные часы снижения электрических нагрузок. Главэнергоуправление БССР в марте 1953 г. на техсовете приняло решение о разработке проектного задания второй очереди расширения Брестской ЦЭС. Всенародно поднятое движение электрификации села и подъема сельского хозяйства напрямую коснулось и руководства Брестской ЦЭС. Главэнерго приняло решение откомандировать директора Брестской электростанции Качалова

В.Н., как хорошего руководителя, в один из отсталых колхозов области для вывода его в передовое хозяйство. Временно директором Брестской ЦЭС назначили А. В. Лашука, а исполняющим обязанности главного инженера – Ф. Д. Костюка.

В 1955 г. Минское отделение института «Промэнергопроект» выполнило проект расширения электростанции и поставило рабочие чертежи с заказными спецификациями. По этому проекту предусматривалось установка одного турбогенератора АТ-6 мощностью 6000 кВт, и двух котлов ТС-35-У, производительностью 35 т/час каждый. Топливом для ЦЭС был принят каменный уголь Львовско-Волынского месторождения. Сжигание – слоевое, в топках «ВТИ-Комега». Чтобы сократить дефицит энергетической мощности, ноябре 1956 г. из города Брянска на Брестскую ЦЭС доставили энергопоезд Б-4 мощностью 4 МВт, напряжением 6,3 кВ. Прежде, чем его поставить, с железнодорожного пути электростанции был демонтирован и отправлен энергопоезд мощностью 1000 кВт. Электрическая энергия с энергопоезда Б-4 выдавалась напряжением 0,4 кВ. после понижающего силового трансформатора, установленного на отдельном вагоне поезда. В ноябре 1956 г. коллективу Брестской ЦЭС за хорошие показатели в работе было присуждено первое место в Республиканском социалистическом соревновании за третий квартал с вручением переходящего Красного знамени. Коллектив ЦЭС радостно встретил это событие, тем более что ему было вручено солидное по тем временам денежное вознаграждение.

В 1956 г. на Невском машиностроительном заводе в г. Ленинграде по заказу Брестской ЦЭС был изготовлен и поставлен турбогенератор АТ-6. В начале января 1957 г. в связи с вводом в действие энергопоезда значительно выросло потребление угля на электростанции. Чтобы не увеличивать штаты, приказом № 5 от 10.01.57 объединили топливно-транспортный цех и мехмастерскую. В 1957 г. на Таганрогском котельном заводе были изготовлены и поставлены по заказу Брестской ЦЭС два котлоагрегата ТС-35-У, один в мае, а второй – в декабре. Началась полномасштабная компания второй очереди расширения Брестской ЦЭС. К середине 50-х гг. на теплосиловом оборудовании Брестской ЦЭС было установлено достаточно большое количество приборов теплотехнического контроля. В основном, это были манометры, расходомеры прямого включения (регистрирующие и показывающие), термометры и всевозможные датчики. Автоматика тепловых процессов полностью отсутствовала. Обслуживал эти приборы по совместительству персонал электроцеха. В основные обязанности персонала входило обслуживание релейной защиты и сигнализации, а также электротехнической автоматики. Отсутствие грамотных прибористов и дипломированных специалистов привело к тому, что резко увеличилось количество отказов по вине эксплуатационного персонала из-за неправильных действий. Основной причиной была ложная информация, полученная персоналом от приборов. Чтобы улучшить работу по обслуживанию приборов и автоматических устройств электростанции, издали приказ № 105 от 7 августа 1957 г. по созданию на ЦЭС тепло-электролаборатории. В третьем квартале 1957 г. была построена и введена в эксплуатацию кирпичная дымовая труба вместе с кирпичными газоходами от котлов первой очереди № 1, 2.

В начале августа 1957 г. в связи с организацией Совнархоза БССР на базе РЭУ и одиннадцати коммунальных электростанций было создано Управление энергетики СНХ БССР во главе с начальником Я. Е. Ботвинником и главным инженером М. Е. Барабановым. В непосредственном подчинении Управления находились: 16 электростанций (Минские ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, БелГРЭС, Смолевическая ГРЭС, Витебская, Могилевская, Бобруйская, Барановическая, Брестская, Гомельская,

Гродненская, Мозырская, Лидская, Молодеченская, Полоцкая, Пинская ТЭЦ), высоковольтные воздушные сети с областными участками, специализированное предприятие «Белорусэнергоремонт», Энергосбыт. После передачи Брестской ЦЭС городских электросетей, абонентского отдела и лаборатории электросчетчиков в «Облэнерго», в сентябре 1957 г. в нем создали дополнительно новый Брестский сетевой район (начальник – Н. Г. Земленсков). В октябре 1957 г. Брестская центральная электростанция (ЦЭС), в соответствии с постановлением Совета Министров БССР от 3 июня 1957 г. № 322, стала именоваться «Брестская ТЭЦ Управления энергетики Совета Народного Хозяйства БССР».

25 июля 1958 г. были закончены все монтажные работы по вводу в эксплуатацию турбогенератора № 3 АТ-6. В этом же месяце Совет Министров БССР отдал распоряжение передать энергопоезд Б-4000 с Брестской ТЭЦ на Волковысский цементный завод. В связи с этим возникла острая необходимость срочного ввода в эксплуатацию дополнительной электрической мощности. Директор Брестской ТЭЦ А. В. Лашук приказом № 110 от 31 июля 1958 г. обязал начальника энергопоезда т. Мишанова И. Н. совместно с начальником котельного цеха Маховым в течение августа-сентября подготовить персонал котельного цеха для обслуживания котлоагрегата № 3. В ноябре 1958 г. Брестская ТЭЦ получила утвержденный Управлением Энергетики СНХ БССР рабочий проект третьей очереди расширения ТЭЦ. Срочно приступили к строительству новой береговой насосной и монтажу фундамента под турбогенератор № 4. В конце декабря 1958 г. досрочно на целый квартал был введен в эксплуатацию котлоагрегат № 4 ТС-35-У. Начало 1959 г. было временем интенсивной подготовки к монтажу и вводу в эксплуатацию турбогенератора № 4 АП-6 мощностью 6000 кВт и сопутствующих к этому мероприятий и оборудования третьей очереди расширения Брестской ТЭЦ. К моменту завершения монтажных работ турбогенератора № 4 была завершена реконструкция главного распределительного устройства ГРУ-6 кВ. Пропускная способность линии связи ТЭЦ с повысительной подстанцией 35/6 кВ, обеспечивала перетоки мощности во всех эксплуатационных режимах, поэтому осталась существующей. В связи с отсутствием резервных ячеек в ГРУ-6 кВ. для присоединения на ГРУ генератора № 4 и ТСН № 4, фидера «порт» и «крепость» были перенесены на подстанцию 35 кВ. В августе месяце 1959 г. были закончены все работы по вводу в эксплуатацию турбогенератора № 4 АП-6. Генератор был подключен к ячейке № 17 ГРУ-6 кв. вместо генератора выбывшего энергопоезда, а 25 августа 1959 г. турбогенератор АП-6 введен в эксплуатацию. Приказом по Управлению энергетики СНХ БССР от 13 февраля 1959 г. № 10 Брестское «Облэнерго» было ликвидировано и его функции переданы вновь созданному областному предприятию электросетей.

Глушко К. К., Глушко К. А.

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО И ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ПРОСЛОЕК

Брестский государственный технический университет. Глушко К. К. – к. т. н., доцент кафедры архитектуры; Глушко К. А. – к. т. н., доцент, доцент кафедры природообустройства.

Введение

Задача поддержания заданного теплового режима помещений здания в основном выполняется системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. При этом эффективная работа этих систем невозможна без учета влияния тепло-влажностных и теплоинерционных свойств ограждений. Введенные в действие строительные нормы [1–4] направлены на решение указанной задачи и содержат в себе инженерные расчеты и наиболее полный перечень значений теплофизических характеристик строительных и материалов.

Ограждающие конструкции зданий часто выполняют многослойными для повышения их теплозащитных качеств. При этом отдельные слои могут выполнять как специфические функции, так и совмещать несколько функций. Изменение конструкций стен, переход от массивных однослойных к более лёгким многослойным требует решения вопросов их конденсационного увлажнения. Чрезмерное увлажнение строительных материалов, из которых выполнены ограждающие конструкции, приводит к увеличению их теплопроводности, для невлагостойких материалов – к снижению прочности, а при замерзании сконденсированной влаги в их порах – к разрушению. Применяемые технические решения должны предусматривать выполнение требуемого влажностного режима материалов и сохранение их теплозащитных характеристик.

Основная часть

Для определения влажности ограждающей конструкции следует изначально определить величины температур в ее слоях, поскольку величина максимального парциального давления водяных паров является функцией температуры. Для построения температурного поля в ограждающей конструкции следует воспользоваться дифференциальным уравнением Лапласа для стационарной теплопередачи:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial t}{\partial z} \right) = 0, \quad (1)$$

где $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ – теплопроводности материала по направлениям X, Y, Z соответственно, Вт/(мС).

Для одномерного температурного поля запись (1) можно представить в следующем виде:

$$\frac{d^2 t}{dx^2} = 0, \quad (2)$$

применив метод конечных разностей [5–9], она примет вид

$$\frac{\Delta^2 t}{h^2} = 0 \Rightarrow \Delta^2 t = t_{i-1} - 2t_i + t_{i+1} = 0, \quad (3)$$

где i – порядковый номер точки, в которой решается уравнение (1).

Полученное выражение можно применить для каждого слоя, имеющего свои значения теплопроводности и толщины, в отдельности, а на границах слоев использовать закон Фурье, чтобы уравнивать величины плотностей теплового потока, передающегося от рассматриваемого слоя к смежному:

$$q = \lambda_{j-1} \frac{t_{i-1} - t_i}{h_{j-1}}; \quad q = \lambda_j \frac{t_i - t_{i+1}}{h_j} \quad t_{i-1} - 2t_i + t_{i+1} = \frac{q}{n} \left(\frac{\delta_{j-1}}{\lambda_{j-1}} - \frac{\delta_j}{\lambda_j} \right) \quad \text{откуда} \quad (4)$$

Слои разделены на равное количество промежуточных слоев, при этом толщины их неодинаковы в разноименных слоях. При решении данной задачи принято, что температуры внутренней и наружной поверхностей слоев вычислены при помощи следующих зависимостей:

$$t_0 = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_T \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad t_n = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_T} \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right), \quad (5)$$

где $t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, °С, R_T – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²°С/Вт, $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи с внутренней поверхности, Вт/м²С.

За неизвестные величины приняты температуры в точках с номерами от 1 до $n-1$, известные – начальная и конечная. Используя записи (3) и (4), можно составить систему линейных неоднородных уравнений относительно температур во внутренних точках, матричная запись которой будет иметь вид

$$[\Lambda] \cdot [t] = [S], \quad \text{а решение} \quad [t] = [\Lambda]^{-1} \cdot [S], \quad (6)$$

где $[\Lambda]$ – матрица из коэффициентов при величинах определяемых температур, $[t]$ – вектор неизвестных температур, $[S]$ – вектор свободных коэффициентов.

Величины парциальных давлений водяного пара, проникающего через ограждающую конструкцию, можно определить по формуле

$$e_x = e_{\text{в}} - \frac{e_{\text{в}} - e_{\text{н}}}{R_{\text{II}}} \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}; \quad (7)$$

где $e_{\text{в}}$ – парциальное давление внутреннего воздуха:

$$e_{\text{в}} = 0,01 \cdot \varphi_{\text{в}} E_{\text{в}}, \quad (8)$$

$\varphi_{\text{в}}$ – относительная влажность внутреннего воздуха, %; $E_{\text{в}}$ – максимальное парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па; $e_{\text{н}}$ – парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, определяют по формуле

$$e_{\text{н}} = 0,01 \cdot \varphi_{\text{н}} E_{\text{н}}, \quad (9)$$

$\varphi_{\text{н}}$ – средняя относительная влажность наружного воздуха за отопительный период, %; $E_{\text{н}}$ – максимальное парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па; R_{II} – сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции, м²·ч·Па/мг.

Величину максимального парциального давления E можно найти, используя табличные данные [1] путем интерполяции либо в виде значения функции, аппроксимирующей нормативные значения парциальных давлений:

$$E(t) = -2 \cdot 10^{-7} \cdot t^6 + 7 \cdot 10^{-6} \cdot t^5 + 0,0006 \cdot t^4 + 0,0213 \cdot t^3 + 1,3463 \cdot t^2 + 46,245 \cdot t + 604,71. \quad (10)$$

Влажность в расчетных точках слоев ограждающей конструкции может быть найдена по формуле

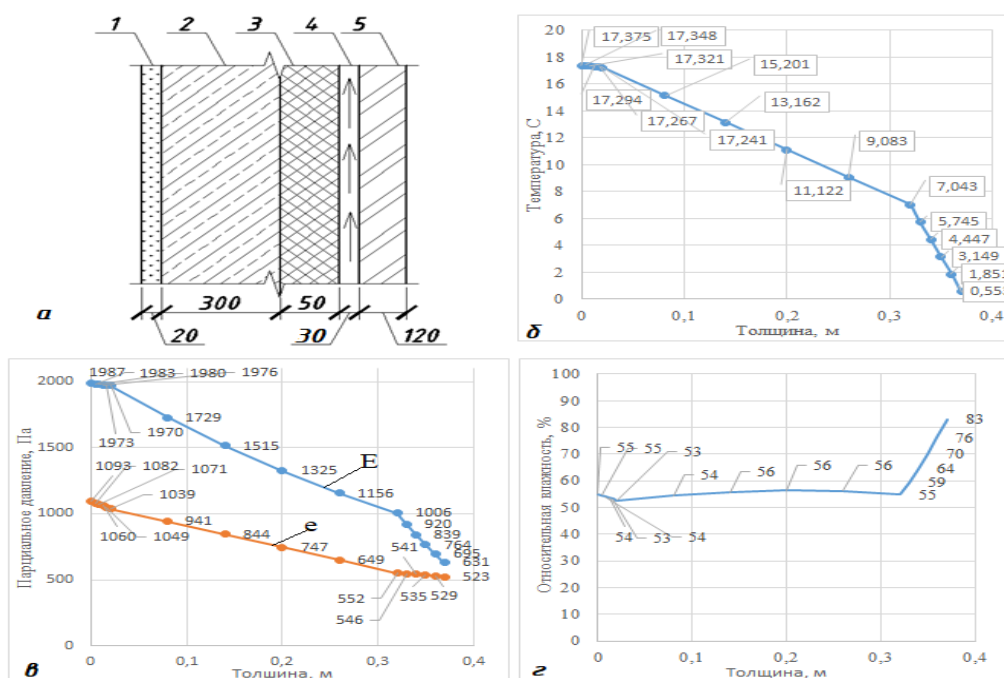
$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100\%. \quad (11)$$

Среднее значение влажности промежуточного слоя может быть найдено как полусумма величин влажности в соседних точках. Полученное значение средней влажности промежуточного слоя в дальнейшем используется для классификации его режима эксплуатации (А или Б по [1]).

В качестве примера приведен расчет наружной стены состава, указанного на рисунке 2а, результаты расчета приведены на рисунках 2б–2г. Данный состав стены подобран по рекомендациям [4]. В таблицу 1 сведены основные параметры материалов наружной стены. Каждый слой разделен на пять равных участков.

Таблица 1. Параметры материалов наружной стены

№ п/п	Наименование материала	Плотность, кг/м ³	Толщина, мм	Теплопроводность, Вт/мС	Паропроницаемость, мг/мчПа
1	Известково-песчаная штукатурка	1600	20	0,81	0,12
2	Блок ячеистобетонный	500	300	0,17	0,2
3	Плиты минераловатные	75	50	0,0419	0,57
4	Вентилируемая воздушная прослойка	—	50	-	-
5	Кирпич силикатный утолщенный	1600	120	1,28	0,12



а – конструкция наружной стены, б – график распределения температуры, в – график распределения парциальных давлений: при заданных влажностях наружного и внутреннего воздуха (е), максимального (Е), г – график распределения относительных влажностей; 1 –5 – слои стены согласно таблице 1

Рисунок 1 – Конструкция наружной стены

Конструкция наружной стены, приведенная выше, составлена с соблюдением следующих условий [4]: при удалении от внутренней поверхности к наружной каждый последующий слой имеет большее сопротивление теплопередаче и большую паропроницаемость.

В том случае, если сопротивление теплопередаче или паропроницаемость последующего слоя будет меньше, чем у предыдущего, между ними необходимо устроить вентилируемую воздушную прослойку, для соблюдения названных условий. Как видно из графика, изображенного на рисунке 2г, накопление влаги происходит, главным образом, на наружном слое утеплителя.



Рисунок 2 – Устройство для формирования швов каменной кладки

Влажность в этом месте в случае неблагоприятных условий может достигать 100 %. Требуется, чтобы избыточная влажность должна удаляться из слоев стены за теплый период года, в противном случае будет иметь происходить увеличение влажности, что недопустимо, и решение вопроса об улучшении вентиляции прослойки является актуальным.

В нормах [4] приведены минимальные толщины вентилируемых воздушных прослоек в зависимости от высоты здания. При этом следует отметить, что не отмечается влияние шероховатости внутренней поверхности лицевой кладки на возможность движения воздуха в воздушной прослойке. Предполагается, что внутренняя поверхность кладки обладает той же чистотой, что и внешняя. Однако в реальных условиях в силу малой ширины воздушной прослойки применяемым кладочным инструментом удаление выдавливаемого раствора проблематично, а швабрование прослойки невозможно, что приводит к частичному или полному ее перекрытию. Чтобы избежать накопления влаги и обеспечить нормативную интенсивность воздухообмена необходимо принимать меры по недопущению выдавливания раствора из шва кладки вовнутрь воздушной прослойки. Изготовленная авторами конструкция, представленная на рисунке 3, и апробированная в масштабных производственных условиях, показала высокую надежность и обеспечила достижение необходимого результата.

Устройство состоит из двух сплошных стержней квадратного или прямоугольного сечения с высотой 10–12 мм. (исходя из принятой высоты горизонтального шва) соединенных друг с другом перемычками для исключения взаимного поворота и снабженных пластинчатыми направляющими на концах, расстояние между которыми равно ширине облицовочного кирпича. Данное устройство помещается на выполненный ряд каменной кладки, пространство между стержнями заполняется кладочным раствором, укладывается кладочный элемент, осаживается до проектного положения, далее устройство перемещается. Длина предлагаемого устройства принималась кратной длине кирпича с учетом толщины вертикальных швов. Раствор шва не выдавливается ни на наружу, ни вовнутрь, так как этому препятствуют стержни. Чистота внутренней поверхности шва достигается, как и

у наружной, тем самым не создает излишнего сопротивления для движения в ней воздуха.

Заключение

1. Расчетами установлено, что избыточное влагонакопление в виде конденсата происходит на наружной поверхности утеплителя многослойных конструкций.

2. Обследование внутренних поверхностей облицовочной кладки показало, что имеется значительная ее шероховатость, отрицательно сказывающаяся на вентиляции воздушной прослойки.

3. Изготовлено и испытано в производственных приспособление, обеспечивающее чистоту наружной и внутренней поверхности кладочных швов.

Список использованных источников

1. Строительная теплотехника : СП 2.04.01–2020. – Введ. 20.01.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 73 с.
2. Каталог удельных потерь теплоты (тепловых мостиков) теплотехнически неоднородных узлов ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. – Введ. 0.01.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 211 с.
3. Здания и сооружения. Энергетическая эффективность : СН 2.04.02–2020. – Введ. 30.03.2021. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 21 с.
4. Тепловая изоляция зданий и сооружений : СП 3.02.01–2020. – Введ. 7.12.2020. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 57 с.
5. Строительная климатология : СНБ 2.04.02–2000 – Минск : Минстройархитектуры, 2001. – 37 с.
6. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика: теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха : учебник для вузов / В. Н. Богословский. – М. : Высшая школа, 1992. – 415 с.
7. Лазаров, Р. Д. О построении и исследовании однородных разностных схем // Р. Д. Лазаров, В. Л. Макаров, А. А. Самарский. – Математический сборник. – 1982. – Т. 117(159), № 4. – С. 469–480.
8. Калиткин Н. Н. Численные методы.–Москва: "Наука", 1978, 512 с.
9. Гончаров, В. Л. Интерполяционные процессы и целые функции / В. Л. Гончаров. – Успехи математических наук. – 1937. – № 3. – С. 113–143.

Гуцул В. Г., Гуцул В. И.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

Технический университет Молдовы. Гуцул В. Г. – заведующая департамента, к.т.н., доцент; Гуцул В. И. – ассистент.

1 Введение

Анализ потребления первичной энергии в Европейском Союзе показывает, что около 82 % энергии потребляется в жилом, коммерческом и промышленном секторах. Из этого потребления 47 % используется для отопления зданий и производства тепла, необходимого для технологических и производственных процессов.

Энергопотребление зданий в Республике Молдова составляет 58 % от общего энергопотребления, что ставит проблему повышения энергоэффективности зданий в качестве приоритета. Цели государственной политики в области энергетики закреплены в Энергетической стратегии Республики Молдовы до 2050 года [1]. Документ предусматривает повышение безопасности в энергетической сфере, при этом на страну влияют такие факторы, как политизация торговли энергоресурсами, рост цен на электроэнергию и природный газ. В условиях отсутствия местных ресурсов ископаемого топлива Республика Молдова может минимизировать свою зависимость от импорта, используя потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и увеличивая долю электроэнергии в структуре энергопотребления, в том числе в строительном секторе.

Одним из методов уменьшения потребления энергии является внедрение тепловых насосов для отопления, охлаждения и приготовления горячей воды. В отличие от традиционных газовых, электрических, твердотопливных котлов, тепловые насосы открывают эффективные технические возможности для экономии энергии и сокращения выбросов CO₂.

Целью данной статьи является анализ реального состояния систем обеспечения микроклимата на примере коммерческого здания и разработка мер, рекомендаций по внедрению энергоэффективных решений систем отопления, охлаждения и ГВС.

Эффективность и выбор того или иного источника тепловой энергии сильно зависят от климатических условий, особенно если источником тепла является атмосферный воздух. Лучше использовать тепловой насос с теплыми полами с водяным подогревом, чем с конвекторами, радиаторами или фанкойлами. Все зависит от температуры подачи системы отопления. Для работ с водяным теплым полом температура находится в пределах 35–45 °С, а для низкотемпературных радиаторов и фанкойлов требуется 50–55 °С.

2 Аудит здания и систем обеспечения микроклимата для коммерческого центра INSTALCO, город Кишинев



Рисунок 1 – Коммерческий центр INSTALCO

Здание построено в 1998 году. Имеет 4 уровня, общая площадь составляет 836 м². На первом этаже расположены магазин, склад, котельная; на 2 этаже – офисы, отдел продаж, бухгалтерия; на 3 этаже – сервисный центр; на 4 этаже (мансарда) – офисный кабинет для администрации компании.

В результате аудита и обследования здания, было обнаружено следующее:

- наружная стена – пустотелый глиняный кирпич [Брик стон](#), неутепленный;
- здание не имеет подвала, первый этаж находится непосредственно на земле, пол не утеплен, что приводит к большим теплотерям;

- входная дверь простая, одностворчатая;
- окна очень старые, из алюминиевого профиля, однокамерный стеклопакет, со швами между проемами и профилями до 1 см. Именно здесь происходят наибольшие потери тепла.

Потребность здания в тепле обеспечивают 2 конденсационных газовых котла по 50 кВт каждый, рисунок 2. Они монтируются в каскаде и управляются каскадным регулятором. Один котел установлен для подогрева теплоносителя для системы отопления, а второй – для приготовления горячей воды (ГВС). В котельной установлен змеевиковый теплообменник-бойлер на 200 литров. Рециркуляционный насос и датчик котла подключены к каскадному регулятору. При понижении температуры воды в котле автоматически запускается рециркуляционный насос. Данный тип подключения не влияет на систему отопления, которая может работать во время нагрева ГВС. Трубы не утеплены.



а) котельная 100 кВт;



б) панель управления

Рисунок 2 – Конденсационные газовые котлы

В качестве нагревательных элементов используются стальные радиаторы панельного типа. Механическая система вентиляции отсутствует. Система естественной вытяжной вентиляции предусмотрена только в санузлах. Для охлаждения воздуха используются устаревшие сплит-кондиционеры On/Off.

3 Меры по повышению энергоэффективности здания

Существующие здания, подлежащие реконструкции, должны будут соответствовать набору минимальных требований энергоэффективности. Для рассматриваемого здания предлагаются следующие энергоэффективные мероприятия:

- теплоизоляция наружных стен, пола и крыши (толщина изоляции по расчету);
- замена старых окон на новые, герметичные и более энергоэффективные;
- замена дверей на двойные двери с тамбуром на входе;
- изоляция трубопроводов;
- замена люминесцентных ламп на светодиодные лампы;
- система вентиляции с рекуперацией тепла;
- использование низкотемпературных систем отопления;
- проанализировать возможность и перспективу установки теплового насоса.

Авторы провели исследование оптимального режима работы существующего конденсационного котла. Измерения проводились при разных условиях работы:

- 1) подача/обратка – 80/60 °С;
- 2) подача/обратка – 50/30 °С.

В процессе горения были проведены следующие замеры: статическое и динамическое давление газа на входе в горелку; температура теплоносителя на входе в

установку и на выходе; расход теплоносителя; температура дымовых газов. Данные снимались со счетчика до начала исследований и после. Рассчитаны тепловые потери и КПД установки. Полученные данные занесены в Таблицу 1.

Таблица 1. Режимная книга котла мощностью 50 кВт

Cartea de regim a cazanului IMMERGAS VICTRIX 50 B Nr. 1
combustibil gazos

data: 26 noiembrie 2023
Date Generale

Denumire echipament nr. serie

Putere utila nominala (80/60 °C) Putere utila nominala (50/30 °C)

Beneficiar

Adresa instalarii

Persoana responsabila

Nr.	Denumire parametru măsurat	Unități de măsură	Valoarea	
			Putere utila nominala	
			50-30 ° C	80-60 ° C
1	Tip combustibil		G20	
2	Presiune gaz la intrarea in arzător, P _{static}	mbar	30	30
3	Presiune gaz la intrarea in arzător, P _{dinamic}	mbar	26	23
4	Consum gaz după indicații contor	m ³ /h	1,75	4,29
5	Temperatura aerului în centrală	°C	24,1	24,1
6	Temperatura agent termic la intrare în cazan	°C	34	61
7	Temperatura agent termic la ieșire din cazan	°C	39	67
8	Debit de agent termic prin cazan	m ³ /h	3,66	3,66
9	Temperatura Gazelor de ardere	°C	55,8	78,5
10	Compoziția chimică a gazelor de ardere:			
	O ₂	%	5	5,5
	CO ₂	%	9	8,7
	CO	ppm	148	285
	NO	ppm	10	7
	NO _x	ppm	10	7
11	Pierderi de căldură	%	1,4	2,4
12	Eficiența instalație	%	98,6	97,6

Из анализа полученных данных был сделан вывод, что конденсационный котел более эффективен при работе при низких температурах.

Для обследуемого здания, был произведен расчет потребности в тепле [2]. Расчеты были проведены для двух граничных условий: температура наружного воздуха $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура самых холодных 5-ти дней для г. Кишинева) и $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (средняя температура отопительного сезона) при постоянной температуре воздуха в помещении $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Модуль $-16\text{ }^{\circ}\text{C}/20\text{ }^{\circ}\text{C}$ был выбран для определения необходимой мощности автономной котельной, а режим $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – для оценки количества тепла, необходимого в течение всего отопительного сезона. Продолжительность отопительного периода составляет 166 дней. В связи с тем, что во внерабочее время допускается поддерживать температурный режим ниже нормы, но не ниже $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, потребность в тепле была рассчитана и для модуля $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Потребность в тепле для здания в холодный период года составляет 50 кВт для модуля $-16\text{ }^{\circ}\text{C}/20\text{ }^{\circ}\text{C}$; для модуля $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}/20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 27 кВт; для модуля $0,6/12\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 16 кВт. Потребность в тепле за весь отопительный сезон, согласно расчетам, составляет: в рабочее время (с 7:00 до 18:00) 49302 кВт·ч; а во внерабочее время – 34528 кВт·ч; всего 83830 кВт·ч.

Для рассматриваемого здания была проанализирована возможность установки теплового насоса. Известно, что тепловой насос теряет свою мощность при понижении наружной температуры, поэтому был выбран тепловой насос с мощностью более 50 кВт. Согласно программе подбора было выбрано оборудование из каталога производителя: Чиллер Hyundai 65 кВт в тепловом насосе F65, включая оборудование, необходимое для его установки. Цена чиллера составляет 10 700 евро, а общая сумма инвестиций — 15 650 евро. Выбранный чиллер при средней температуре отопительного сезона будет производить 58,80 кВт тепла, потребляя 19,60 кВт электроэнергии [3, 4]. В результате коэффициент энергоэффективности COP будет

равен 3.00. Расчет срока окупаемости инвестиций в тепловой насос представлен в Таблице 2.

Таблица 2. Расчет срока окупаемости инвестиций в тепловой насос

Расходы на систему отопления	Чиллер с тепловым насосом воздух-вода	Газовый котел 50 кВт
1. Первоначальные инвестиции, лей	A=301328	B=0, существующий
Количество тепловой энергии, необходимой для холодного периода года, кВт·ч	83830	83830
Количество энергоресурсов необходимое для холодного периода года	27943 кВт·ч электроэнергии	9212 м ³ природный газ
2. Стоимость потребляемой энергии, лей	x=66784	y=133298
Срок окупаемости инвестиций, лет $T = \frac{(A - B)}{(y - x)}$	Срок окупаемости теплового насоса – 4 года 194 дней	

Примечание – Теплота сгорания 1м³ природного газа =33,08 МДж; 1 кВт/ч=3,6 МДж, 33,08/3,6=9,1 кВт. Цена за 1м³ газа составляет 14,47 лея [4]. Цена за 1 кВт·ч электроэнергии 2,39 lei [5]. Курс обмена: 1 евро = 19,2542 лея, по данным НБМ на день расчета [6].

Выводы

- тепловые насосы являются хорошим решением для коммерческих зданий при условии, что они построены в соответствии с действующими нормами или запланированы мероприятия по повышению уровня их энергоэффективности;
- если тепловой насос используется только для обогрева коммерческого здания, срок окупаемости инвестиций составляет 3–5 лет. Учитывая нестабильные цены на газ, все более теплый климат в холодный период года, выбор в пользу тепловых насосов очевиден.
- учитывая низкую эффективность тепловых насосов при низких температурах наружного воздуха, их рекомендуется устанавливать в уже существующие системы газового отопления.

Список использованных источников

1. Strategia Energetică a Republicii Moldova 2050 (SEM 2050).
2. NCM E.04.01:2017 „Protecția termică a clădirilor”, 2017.
3. NIBE ENERGY SYSTEMS. Air/Water Heat Pump NIBE AMS 10-16. Installer Manual. 2018. HB EN 1826-3331942. <https://nibe.ru>.
4. BLACK SEA. BSExpert v.2023 [software].
5. <https://anre.md>.
6. <https://www.bnm.md/>.

Джумаев А. Я.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Государственный энергетический институт Туркменистана, проректор по научной работе, к. ф. м. н.

Снижение экологической нагрузки на природу и снижение вредных выбросов CO₂ в атмосферу является важной задачей для всех стран мира. Туркменистан также стремится к снижению выбросов CO₂ в окружающую среду. Разработка мер по снижению выбросов CO₂ в Туркменистане будут реализованы согласно утвержденным Постановлением Президента Туркменистана Национальной стратегии Туркменистана по изменению климата [1]. Туркменистан также ратифицировал Парижское соглашение по климату в 2021 г. и принял национально определяемый вклад (NDC), в котором обязался сократить выбросы парниковых газов на 20 % к 2030 г. по сравнению с базовым уровнем 2010 г. Возобновляемая энергия играет важную роль в достижении этой цели, а также в повышении качества жизни населения и устойчивого развития страны.

Одной из предполагаемых сценарий решений проблемы по снижению вредных выбросов в атмосферу является развитие водородной энергетики, и перевод электроэнергетического сектора на водородное и метана-водородное топливо. Электроэнергетический сектор Туркменистана является одной из базовых отраслей экономики, от уровня ее развития зависит реализация национальных планов по ускорению социально-экономического развития и обеспечение энергетической безопасности страны. Вместе с тем интенсивный рост производства электроэнергии способствует увеличению выбросов парниковых газов.

Природно-климатические условия Туркменистана исключительно благоприятны для широкого использования возобновляемых источников энергии, таких, как солнечная и ветровая.

По предварительным оценкам, существенного увеличения темпов выбросов, особенно до 2030 г., не наблюдается, при этом более быстрый рост энергоэффективности способствует снижению выбросов парниковых газов. Удельные выбросы парниковых газов на единицу ВВП также снижаются.

Планы развития экономики обеспечивают устойчивый среднегодовой ее рост на период до 2030 г. Вместе с тем, в этот период темпы роста выбросов парниковых газов будут значительно отставать от темпов роста ВВП. В связи с этим, показатели карбон емкости экономики страны, а также интенсивность выбросов парниковых газов будут снижаться.

Устойчивое, низкоуглеродное и возобновляемое производство водорода было предложено в качестве одного из возможных способов минимизации изменения климата. Разработка устойчивых низкоуглеродных водородных проектов может способствовать повышению темпов декарбонизации в отраслях, где сложно добиться сокращения объема выбросов, таких как металлургия, цементная промышленность или производство удобрений [2].

Постановлением Президента Туркменистана от 28 января 2022 года была принята Дорожная карта по развитию международного сотрудничества Туркменистана в области водородной энергии на 2022–2023 гг. В рамках этой Дорожной карты планируется реализовать 18 проектов и мероприятий, в частности, разработать Национальную стратегию развития водородной энергетики в Туркменистане [3].

Методы исследования и теоретическая база

В статье рассматриваются следующие задачи:

- проанализировать современное состояние и перспективы развития водородной энергетики;
- рассмотреть возможность реализации пилотного проекта по производству водорода на территории Туркменистана;
- выбрать подходящее место для строительства объекта; предусмотреть использование возобновляемых источников для снабжения потребителей объекта электроэнергией;
- изучить существующие методы получения водорода с целью выбора подходящего для использования на территории Туркменистана;
- рассчитать объемы электроэнергии, вырабатываемой выбранным источником и потребляемой элементами системы получения водорода;
- определить стоимость реализации рассматриваемого проекта и срок его окупаемости.

Туркменистан обладает большим потенциалом развития водородной энергетики. В статье рассматривается строительство фотоэлектрической солнечной станции (ФСС) мощностью 100 МВт в г. Мары, рядом с действующим газотурбинной станцией. Она может стать источником энергии для производства «зеленого водорода». Сырьем для получения водорода с помощью электролизерной установки помимо электрической энергии является вода. Эффективность и надежность работы электролизера напрямую зависит от степени ее очистки. В технологическом процессе получения водорода возможно использование не пресной воды, для чего необходимы использовать опреснительные установки. Это может повысить стоимость производства водорода. В среднем, влияние мероприятий по подготовке воды оцениваются в размере 1 доллар США/м³ или около 0,01 доллар США/кг водорода. Процесс электролиза в идеальном случае для получения 1 кг водорода требует 9 кг воды.

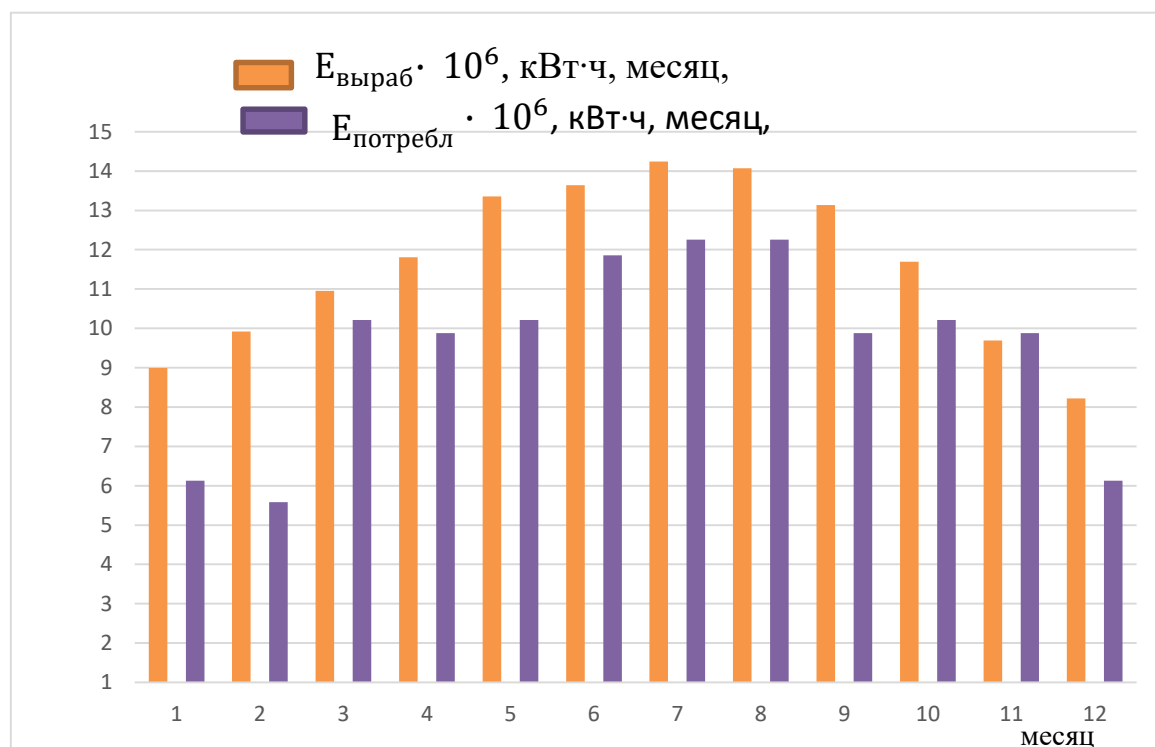


Рисунок 1 – Вырабатываемая электрическая энергия ФСС и потребляемая энергия электролизера

Для достижения поставленных целей использовался метод расчета объема электроэнергии, вырабатываемой источником, а также метод определения стоимости реализации рассматриваемого проекта и окупаемости по данным из открытых источников. В работе выполнено моделирование объекта состоящего из источника электроэнергии – фотоэлектрической солнечной станции установленной мощностью 100 МВт, системы получения водорода – электролизера мощностью 50 МВт, системы опреснения воды – установки обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки. Были анализированы электролизеры различных типов.

Результаты и обсуждение

Определены баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (рисунок 1).

В таблицах 1 и 2 приведены технические характеристики основного базового блока и ФСС мощностью 100 МВт.

Таблица 1. Технические характеристики основного базового блока

1	Мощность ФСС	$2745 \times 2 = 5490,0$ кВт
2	Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
3	Количество фотоэлектрических модулей	$7224 \times 2 = 14448$
4	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	28
5	Количество рядов	$258 \times 2 = 516$
6	Площадь фотоэлектрических модулей	28578 м ²
7	Количество инверторов	2
8	Номинальная мощность инвертора	2841 кВА

Таблица 2. Технические характеристики ФСС мощностью 100 МВт

1	Мощность ФСС	100 МВт
2	Количество основных базовых блоков	18
3	Мощность основного базового блока ФСС	5490 кВт
4	Мощность фотоэлектрического модуля	380 Вт
5	Количество фотоэлектрических модулей	260064
6	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	28
7	Количество рядов	9288
8	Площадь фотоэлектрических модулей	514406 м ²
9	Количество инверторов	36
10	Выработка электроэнергии за год	$140,013 \cdot 10^6$ кВт·ч

В предлагаемом проекте рассматривается строительство фотоэлектрической солнечной станции (ФСС) установленной мощностью 100 МВт в г. Мары, рядом с действующей газотурбинной электрической станцией с установленной мощностью 146,7 МВт. Основные результаты осуществления рассматриваемого проекта приведены в таблице 3.

Показано [4], что 20 % смесь водорода с природным газом обеспечивает сокращения выбросов CO₂ примерно на 7 % по сравнению с чистым природным газом. В нашем проекте предлагается произведенный «зеленый» водород использовать в действующей газотурбинной электрической станции. Добавление 20 % водорода в

природный газ, используемый в газотурбинной электрической станции (ГТЭС) позволяет значительно сократить выбросы CO_2 в окружающую среду (рисунки 2 и 3).

Таблица 3. Основные результаты предлагаемого проекта

Технические параметры и информация	Значение и единица измерения
Населенный пункт, координаты	г. Мары: с. ш $37,6^0$; в. д. $61,8^0$
Количество суммарной солнечной энергии поступающая на поверхность солнечной панели расположенной на населенном пункте под углом наклона $\beta=35^0$ южной ориентации	г. Мары: $1911,85 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ год}$
Выработка электрической энергии ФСС за год	г. Мары: $140,013 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
Производство водорода	2344,45 т
Потребление энергии при производстве водорода	$114,443 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
Потребление воды при производстве водорода	21104,550 т

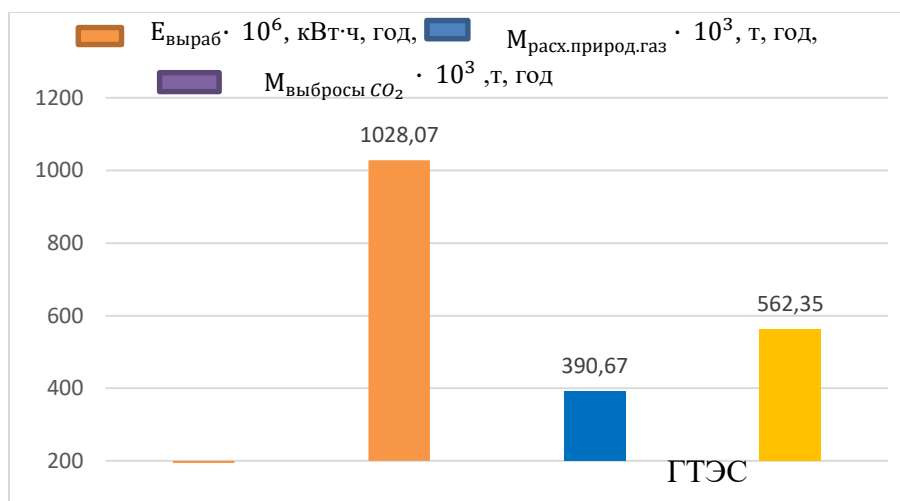


Рисунок 2 – Вырабатываемая электрическая энергия в ГТЭС, расход природного газа и выбросы CO_2

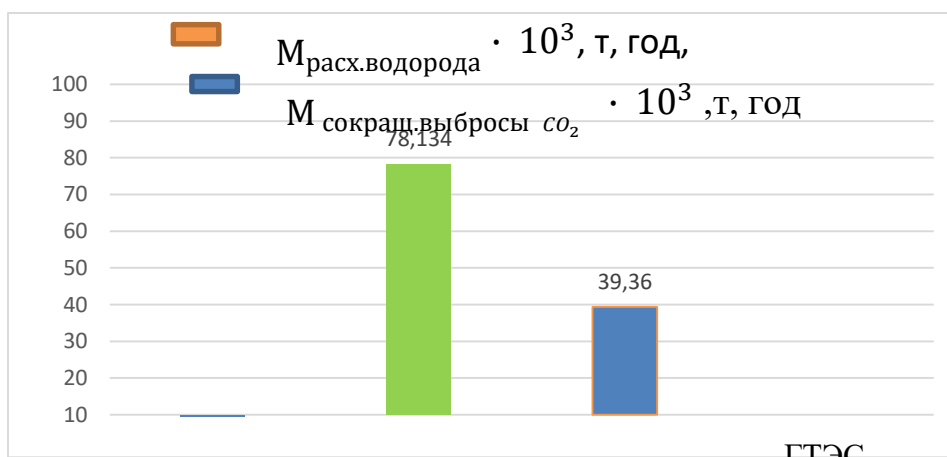


Рисунок 3 – Расход водорода в ГТЭС и сокращение выбросов CO_2

Выводы

В рассматриваемом проекте предполагается строительство фотоэлектрической солнечной станции (ФСС) мощностью 100 МВт в г. Мары, рядом с действующей газотурбинной станцией. Реализация проекта позволяет производить в течение года 2344.45 т «зеленого» водорода. Добавление 20 % водорода в природный газ, используемый в газотурбинной электрической станции, позволяет значительно сократить выбросы CO₂ в окружающую среду.

Список использованных источников

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan “Howanyň üýtgemegi barada Türkmenistanyň Milli strategiýasy (rejelen görnüşi). Aşgabat, 2019ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2019-njy ýylyň 23-nji sentýabrynda çykaran 1415-nji Karary bilen tassyklandy.
2. Экономический и социальный совет. ООН. ECE / Energy / 2022 / 8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English.
3. Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022–2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýylyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.
4. Дикхофф, Йенс (Dickhoff, Jens) Новая водородная камера DLE / Йенс Дикхофф (Jens Dickhoff), Ацуши Хорикава (Atsushi Horikawa), В. Функе (W. Funke) // Газотурбинные технологии. – 2022. – № 1(184).

Зайцев О. Н., Аверкова О. А., Зайцева Е. О.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗАКРУЧЕННОЙ ПРИТОЧНОЙ СТРУИ НА ВЫХОДЕ ИЗ КРУГЛОГО ПАТРУБКА

Юго-Западный государственный университет. Зайцев О. Н. – д. т. н., профессор кафедры инфраструктурных энергетических систем.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, Аверкова О. А. – д.т.н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Зайцева Е. О. – магистр

Актуальность

Разработка новых энергосберегающих способов и конструктивных решений для снижения расходов топлива в децентрализованных системах теплоснабжения, локализации тепловых источников малой мощности и рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе наряду с теоретическими исследованиями требует получения экспериментальных данных по аэродинамике закрученных потоков, особенно на выходе из патрубка в открытое пространство. Выполнение таких исследований также вызвано тем, что теоретические модели требуют задания величин, измерение которых в производственных условиях затруднено (например, кинематическая вязкость среды, частоты колебаний вихревого ядра и других данных) [1–2], поэтому наличие экспериментальных исследований в соответствующем диапазоне позволит на основании известных методов теории планирования и обработки экспериментальных данных выявить места с наиболее значительными энергетическими потерями.

Цель и задачи исследования

Целью работы является мест с наиболее значимыми энергетическими потерями на выходе сильно закрученной струи из патрубка круглой формы.

Для достижения поставленной цели решалась задача по экспериментальному исследованию тангенциальной, радиальной и аксиальной составляющих скорости закрученной струи в подающем патрубке.

Результаты исследования

Анализ наиболее распространенных методов интенсификации процессов перемешивания показал, что закручивание основного потока [3–5] требует дополнительных энергетических затрат, хотя при этом достигается перемешивание не только за счет турбулизации пограничных слоев, но и за счет вовлечения окружающего воздуха в осевое возвратное течение, возникающее при сильной крутке. Для решения поставленной задачи на основании рекомендаций [5–6] был разработан и изготовлен экспериментальный стенд для аэродинамических исследований, в основу которого положены патрубки с тангенциальным подводом, регулирование степени крутки в создаваемых закрученных струях осуществлялось с помощью шиберов, соединенных гибкими воздуховодами с вентилятором.

Экспериментальная установка состоит из двух сопел диаметром 100 мм с тангенциальным подводом потока, гибких воздуховодов, вентилятора высокого давления, задвижек для регулирования расхода воздуха.

Для выполнения измерений скорости установка снабжена термоэлектроанемометром с возможностью определения направления скорости, с шаровым зондом и координатной сеткой для распределения точек замеров. Измерение расхода газа осуществлялось с помощью тарированной диафрагмы методом переменного перепада давления. Перед началом измерений производилось подключение термоэлектроанемометра к сети, проверка прибора и установка сопел для создания исследуемого вида взаимодействия закрученных потоков. Далее выполнялась установка координатной сетки по срезу сопла или в требуемом сечении, и определялось количество точек, подлежащих замеру. После включения вентилятора выполнялись замеры аксиальной, тангенциальной и радиальной скорости в данном сечении, далее координатная сетка переносилась на расстояние, соответствующее следующему сечению с последующими измерениями.

Распределения радиальной и тангенциальной составляющих скорости на срезе патрубка аналогично профилям для сильнозакрученных струй, приведенных в многочисленных работах [7–8], однако следует отметить, что распределение тангенциальной скорости, в отличие от более сглаженного профиля радиальной, имеет четко выраженный минимум, расположенный на границе обратных токов, что, вероятно, вызвано резким расширением струи при выходе из сопла и вовлечением окружающей массы воздуха в возвратное течение на оси струи. При этом разница в скорости между центральной осью и границей области обратных токов возникает вследствие инерционности массы окружающего воздуха и максимума тангенциальной скорости, приходящегося на периферийную область.

Эволюция распределения радиальной скорости при удалении от среза подающего патрубка показала, что максимум данной составляющей скорости зеркально меняет свое положение относительно центральной оси с шагом 0,1 м, а минимум (соответствуя области обратных токов) расширяется, уменьшаясь в абсолютном значении по мере увеличения расстояния от источника струи. Такое поведение скорости может объясняться односторонним тангенциальным подводом воздуха, что приводит к неравномерному распределению вращающейся массы вокруг

оси, однако такое возможно при замерах скорости с распределением по времени, равном угловой скорости вращения, а в данном случае замеры проводились в один промежуток времени. То есть наиболее вероятным является влияние вихревого ядра, винтовая траектория которого, очевидно, и имеет шаг, кратный диаметру патрубка.

Анализ аксиальной составляющей скорости, взятой на различном расстоянии от оси струи, показал наличие на начальном участке положительных и отрицательных скоростей, разделение которых соответствует внешней и внутренней части закрученной струи, при этом изменение скорости по длине струи имеет четыре четко выраженных участка. Так, периферийные слои струи на начальном участке имеют максимум, далее, вследствие расширения области обратных токов, происходит уменьшение и изменение направления движения, но на расстоянии 2-х калибров (на границе зоны обратных токов) аксиальная скорость вновь принимает положительные максимальные для данного сечения значения, на последнем участке происходит плавное уменьшение скорости, что соответствует затуханию струи на основном участке. В центральной области струи на начальном участке аксиальная скорость отрицательна (движение газового потока противоположно направлению оси), но имеет максимальное абсолютное значение. На расстоянии 1 калибра также наблюдается максимум скорости, но уже с противоположным знаком, по мере дальнейшего распространения струи происходят аналогичные колебания с изменением направления скорости через каждый калибр, при этом наблюдается уменьшение скорости по абсолютному значению. Такое поведение аксиальной составляющей скорости в центральной области объясняется наличием зоны обратных токов, а изменение скорости по оси струи свидетельствует о непрямолинейном изменении формы данной зоны (на начальном участке происходит ее сужение, затем, на основном — увеличение в поперечном размере и далее, ее «схлопывание»). При этом, необходимо отметить, что зона обратных токов простирается в сам приточный патрубок на величину 1–1,5 его диаметров, что, соответственно, приводит к скачку аксиальной скорости на этом участке и, как следствие, увеличению потерь давления, что позволяет выделить данный участок как наиболее энергозатратный. Для исключения данного негативного влияния возможно использование различных вставок или введение осевых прямоточных струй.

Выводы

Таким образом, выполненные экспериментальные исследования сильно закрученной свободной изотермической струи с прецессирующим вихревым ядром показали, что распределение радиальной и тангенциальной составляющих скорости при удалении от среза подающего патрубка имеют максимум, зеркально меняющий свое положение относительно центральной оси с шагом, равным 1 калибру, вследствие влияния вихревого ядра на структуру потока. Аксиальная составляющая, взятая на различном расстоянии от оси струи, характеризуется наличием на начальном участке положительных и отрицательных скоростей, разделение которых соответствует внешней и внутренней части закрученной струи, при этом изменение скорости по длине струи имеет четыре четко выраженных участка, что обусловлено наличием зоны обратных токов, а изменение скорости по оси струи свидетельствует о нелинейном изменении формы данной зоны. Также выявлен наиболее энергозатратный участок — на расстоянии 1–1,5 диаметров патрубка от его среза, получаемый вследствие воздействия зоны обратных токов на профиль струи.

Список использованных источников

1. Logachev, I. N. Industrial Air Quality and Ventilation: Controlling Dust Emissions / I. N. Logachev, K.I. Logachev // CRC Press. – 2017. – 414 p.

2. Logachev, K. I. On the resistance of a round exhaust hood, shaped by outlines of the vortex zones occurring at its inlet / K. I. Logachev, A. M. Ziganshin, O. A. Averkova // Build. Environ. 151 (2019) S. 338–347. doi:10.1016/j.buildenv.2019.01.039.
3. Logachev, K.I. A survey of separated airflow patterns at inlet of circular exhaust hoods, / K. I. Logachev [et al.] // Energy Build. 173 (2018) 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.036>.
4. Найденов, Г. Ф. Газогорелочные устройства с регулируемыми характеристиками факела / Г. Ф. Найденов. – К. : Техника, 1974. – 112 с.
5. Logachev, I. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions / I. Logachev, K. Konstantin, O. Averkov. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – 540 p.
6. Организация и математическое планирование эксперимента : учебное пособие / Ю. В. Юдин, М. В. Майсурадзе, Ф. В. Водолазский. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 124 с.
7. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред, – М. : Мир, 1987. – 588 с.
8. Штихлинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Штихлинг. – М. : Наука, 1974. – 711 с.

Зайцев О. Н., Никитин М. М., Лопатин С. С.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Юго-Западный государственный университет. Зайцев О. Н. – д. т. н., профессор кафедры инфраструктурных энергетических систем; Никитин М. М. Лопатин С. С. – аспиранты

Уменьшение запасов ископаемых топлив приводит к их постоянному удорожанию. Особенно, учитывая, что доля затрат энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве нашей страны составляет около 40 % суммарного энергопотребления экономики, что значительно превышает аналогичный показатель в других странах [1]. Таким образом, снижение энергозатрат на отопление помещений представляет собой важную технико-экономическую задачу. Достигнуть этого можно путем снижения энергопотребления отопительных систем. Это связано с применением низкотемпературного лучистого отопления и позволяет использовать низкопотенциальное тепло окружающей среды с помощью специальных устройств (тепловых насосов, солнечных коллекторов, конденсационных котлов и т. д.) [2–5].

Целью настоящей работы является повышение эффективности применения систем водяного отопления за счет применения радиационных нагревательных приборов.

Исследование целесообразности применения комбинированного отопления в жилых и общественных зданиях.

Нагревательные приборы в таких системах имеют развитую площадь поверхности и температуру, ограниченную нормативными документами. Так,

предусмотрены следующие ограничения температуры поверхности для строительных конструкций со встроенными нагревательными элементами:

26° С – для полов помещений с постоянным пребыванием людей;

30° С – для обходных дорожек, скамей плавательных бассейнов;

31° С – для полов помещений с временным пребыванием людей;

28, 30, 33, 36, 38° С – для потолков при высоте помещения, не превышающей, соответственно 2,8; 3,0; 3,5; 4 и 6 м [6].

Таким образом, средняя радиационная температура поверхностей t_R , обращенных в помещение, может значительно превышать таковую при конвективном отоплении. Следовательно, температура воздуха t_B в таком помещении может быть понижена согласно графической зависимости, известной как первое условие комфортности [7]. Исходя из этого условия, при $t_R = 19^\circ \text{C}$, достаточно поддерживать температуру воздуха $t_B = 18^\circ \text{C}$, при $t_R = 20^\circ \text{C}$, $t_B = 16^\circ \text{C}$, при $t_R = 21^\circ \text{C}$ $t_B = 14^\circ \text{C}$. Возможная экономия энергии ΔQ , %, для подогрева вентиляционного воздуха составит в расчете на $1 \text{ м}^3/\text{ч}$:

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{тк}} - Q_{\text{тл}}}{Q_{\text{тк}}},$$

$$Q_{\text{тк}} = mc\Delta t = mc(t_{\text{БК}} - t_{\text{Н}}),$$

$$Q_{\text{тл}} = mc\Delta t = mc(t_{\text{БЛ}} - t_{\text{Н}}),$$

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{тк}} - Q_{\text{тл}}}{Q_{\text{тк}}} = \frac{t_{\text{БК}} - t_{\text{БЛ}}}{t_{\text{БК}} - t_{\text{Н}}},$$

Где $t_{\text{БК}}$ – температура воздуха в помещении при конвективном отоплении принята равной 20°C ;

$t_{\text{БЛ}}$ – температура воздуха в помещении при лучистом отоплении;

$Q_{\text{тк}}$ – количество теплоты, необходимой для подогрева наружного воздуха до температуры $t_{\text{БК}}$;

$Q_{\text{тл}}$ – количество теплоты, необходимой для подогрева наружного воздуха до температуры $t_{\text{БЛ}}$;

m – расход вентиляционного воздуха;

c – изобарная теплоемкость воздуха;

$t_{\text{Н}} = -18^\circ \text{C}$ – принятая расчетная температура наружного воздуха [6].

Примем, что средняя радиационная температура помещения поддерживается на уровне $t_R = 21^\circ \text{C}$.

Поскольку температура наружного воздуха изменяется в течение отопительного периода (в нашем случае от -18 до 8°C), рассмотрим влияние этого изменения на величину экономии тепла в системе отопления помещения. Примем, что теплопотери с вентиляционным воздухом составляют 45 % от суммарных потерь тепла [7]. Тогда при средней радиационной температуре внутренних поверхностей $t_R = 21^\circ \text{C}$ экономия энергии на подогрев свежего воздуха ΔQ , % и, следовательно, на обогрев помещения $\Delta Q_{\text{п}}$, %, составит в среднем за отопительный период 20–22 %.

На основании полученных данных была разработана комбинированная система низкотемпературного отопления, отличающаяся тем, что радиаторная часть системы отопления восполняет теплопотери помещения, а установка низкотемпературных излучающих панелей над оконным проемом исключает выпадение конденсата на поверхности оконных проемов, что достигается путем нагрева их выше температуры точки росы для данного помещения. то для подтверждения полученных теоретических данных разработан и изготовлен стенд, в основе которого положено устройство излучающей панели с тепловыми трубками над подоконником, которая соединена с

системой водяного низкотемпературного отопления с конвектором путем контакта оголовка тепловой трубки с металлическим кольцом, непосредственно соединенным с обратным трубопроводом водяной системы отопления.

В данном случае была использована трубка диаметром 6 мм, длиной 1,5 м, на которую была наклеена фольга, а с верхней стороны – установлены теплоизоляционные маты, толщиной 25 мм. Соединение с системой водяного низкотемпературного отопления осуществлялось путем контакта оголовка тепловой трубки с металлическим кольцом, непосредственно соединенным с обратным трубопроводом водяной системы отопления.

Основные преимущества предложенной системы: при установке отопительного прибора (стальной радиатор со средней температурой поверхности 40° С) под оконным проемом и панели лучистого отопления над подоконником (с температурой поверхности 36° С) практически исключена область распространения холодного потока воздуха. При этом использование излучающей низкотемпературной панели, работающей от тепла поверхности обратного трубопровода незначительно удорожает систему отопления, а для снижения эксплуатационных затрат можно рекомендовать устанавливать выносной терморегулятор на панели, связанный с внутренней температурой коробки светового проема (и включением при температуре ниже 4° С).

Экспериментально подтверждено, что экономия тепловой энергии в такой системе достигает 20 % в течении отопительного периода.

Выводы

Подтверждена целесообразность применения низкотемпературного отопления с точки зрения сокращения расхода тепла на подогрев вентиляционного воздуха. В помещениях со значительной долей теплопотерь с отработанным вентиляционным воздухом эффект от такого решения может достигнуть 20 %. Разработана комбинированная система низкотемпературного отопления, позволяющая достичь экономии тепловой энергии до 20 % в течение отопительного периода.

Список использованных источников

1. Круковский, П. Г. Анализ путей уменьшения энергозатрат за счет периодического снижения температуры воздуха отапливаемых помещений / П. Г. Круковский [и др.] // Пром. Теплотехника. – 2008. – Т. 30, – № 2. – С. 79.
2. Зайцев, О. Н. Проектирование систем водяного отопления : пособие для проектировщиков, инженеров и студентов технических вузов / О. Н. Зайцев, А. П. Любарец. – Вена – Киев – Одесса : 2008. – 200 с.
3. Довмир, Н. М. Низкотемпературные режимы систем отопления как предпосылка эффективного применения конденсационных котлов и тепловых насосов / Н. М. Довмир // Пром. теплотехника. – 2008. – № 5. – с. 62–68.
4. Долинский, А. А., Драганов Б.Х. Тепловые насосы в системе теплоснабжения зданий / А. А. Долинский, Б. Х. Драганов // Пром. теплотехника. – 2008. – № 6. – с. 71–83.
5. Накорчевский, А. И. Система теплоснабжения теплоавтономного дома / А. И. Накорчевский // Пром. теплотехника. – 2009. – № 1. – с. 67–73.
6. Богословский, В. Н. Теплообмен в помещении с панельно-лучистой системой обогрева / В. Н. Богословский // Водоснабжение и санитарная техника. – 1961. – № 9. – с. 23–28.
7. Гершкович, В. Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий. Пособие по проектированию / В. Ф. Гершкович // Электронный журнал энергосервисной компании Экологические системы. – 2007. – № 8.

Каперейко Ю. В., Заречный А. О.

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТЕОПРОГНОСТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМАМИ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Брестский государственный технический университет. Каперейко Ю. В. – преподаватель-стажер кафедры теплогазоснабжения и вентиляции; Заречный А. О. – студент ФЭИС

Аннотация

В данной статье представлены результаты по исследованию возможностей реализации метеопрогностического регулирования, проектирование и эксплуатация систем отопления с таким способом управления системой отопления. Рассмотрен вариант использования обучаемой нейронной сети для управления системой водяного отопления с метеопрогностическим регулированием.

Ключевые слова: система водяного отопления, метеопрогностическое регулирование, погодозависимое управление.

Введение

Достижение энергосберегающего эффекта и экономии энергоресурсов является одной из важнейших целей, на которые ориентированы современные разработки по управлению инженерными системами. Одной из таких разработок является погодозависимое управление системами водяного отопления, которое используется и внедряется в существующие системы уже несколько десятилетий. Однако в процессе эксплуатации выявляются некоторые неточности в работе погодозависимой автоматики, а в частности, учет только температуры наружного воздуха в качестве метеорологического фактора, влияющего на теплопотери зданий.

Результаты и обсуждение

В множестве работ [1–3] исследуется влияние метеорологических факторов на тепловой режим зданий, выявляются закономерности, которые могут быть наиболее приближены к реальным условиям, чем случаи, когда такие факторы не берутся во внимание. К метеорологическим факторам, влияющим на микроклимат помещения, относятся атмосферные осадки, ветровое воздействие и солнечная радиация.

Существующая погодозависимая автоматика [4] обеспечивает поддержание комфортных условий в помещениях здания, где установлено такое оборудование. Достижение экономического эффекта при ее эксплуатации доказано многими фактически полученными результатами.

Однако для более точного создания комфортных условий внутри помещения стоит учитывать и иные факторы, влияющие на тепловой режим. Кроме метеорологических факторов, так же можно использовать такое понятие как инерционность здания – характеризует способность ограждающих конструкций накапливать тепло, а затем с определенной скоростью терять его.

Так как регуляция в выбранной концепции зависит не только от внутренней температуры воздуха, то стандартное регулирование температуры теплоносителя не является решением для всего здания. Под воздействием ветра потери теплоты одного помещения отличаются от тепловых потерь другого помещения – это связано с аэродинамическими характеристиками. Таким образом, можно прийти к выводу, что

стоит рассмотреть не только качественное, но и количественное регулирование теплоносителя, поступающего в отопительные приборы различных помещений в здании.

С целью совершенствования регулирования было выбрано использование нейронной сети. Так как существующие методики расчета не дают универсального для всех зданий решения по погодозависимому регулированию, включающему все метеорологические факторы, то для нахождения необходимых зависимостей может использоваться нейронная сеть, способная обучаться на входных и выходных параметрах системы. С помощью подключенных датчиков наружной температуры воздуха, скорости ветра, влажности программа обеспечит наблюдение и расчет необходимой компенсации тепловых потерь. Посредством сервоприводов, установленных на отопительных приборах, расход теплоносителя в отопительных приборах будет изменяться в соответствии с необходимостью [5]. Это также позволит использовать такую характеристику как инерционность здания, тем самым «предугадывать», какие тепловые потери будут у здания через определенный промежуток времени, и использовать накопленную теплоту для сглаживания кратковременных колебаний температуры внутри помещений.

Данная система базируется на использовании современных технологий управления и мониторинга [6], а также интеграции данных о погодных условиях для оптимизации работы отопительного оборудования.

Прежде чем переходить к широкому внедрению таких систем, необходимо провести анализ их затрат и рентабельности. Оценка затрат включает в себя не только стоимость приобретения и установки необходимого оборудования, такого как датчики температуры и системы управления, но и расходы на разработку и внедрение программного обеспечения для сбора, анализа и использования метеорологических данных. Кроме того, необходимо учитывать операционные расходы, связанные с обслуживанием и поддержанием работоспособности системы. Важно учитывать и экологические выгоды использования системы с метеопрогностическим регулированием. Снижение расходов на энергию влечет за собой уменьшение выбросов парниковых газов и других вредных веществ, что способствует улучшению качества окружающей среды и снижению негативного воздействия на климат.

Применение искусственного интеллекта для решения данной задачи позволяет создать систему, способную адаптироваться к изменяющимся погодным условиям и реагировать на них максимально эффективно. Например, на основе анализа прогнозов погоды нейросеть может автоматически регулировать температурные режимы в помещениях, оптимизируя энергопотребление и обеспечивая комфорт для пользователей.

Применение искусственного интеллекта также позволяет создать систему, способную адаптироваться к индивидуальным потребностям и предпочтениям пользователей. Система может учитывать предпочтения по температурному режиму в разных помещениях и автоматически регулировать его в соответствии с выбранными настройками.

На сегодняшний день существует множество различных архитектур нейронных сетей, предназначенных для различных задач от классификации и сегментации данных до экспертных систем, медицинской диагностики и автономных устройств.

Основная цель состоит в том, чтобы на основе имеющихся данных, таких как текущие и прогнозируемые метео данные, при помощи нейронной сети получать управляющий сигнал для отопительного прибора.

Исследование выполнялось в рамках гранта БРФФИ.

Заключение

Данная работа отражает прогресс в области применения искусственного интеллекта для повышения энергоэффективности жилых и коммерческих зданий при использовании метеопрогностического регулирования. Искусственный интеллект в этой концепции играет ключевую роль, обрабатывая данные о погоде и энергопотреблении, а также выявляя закономерности и оптимизируя работу отопительных систем в реальном времени.

Список использованных источников

1. Мешик, К. О. Увеличение энергетической эффективности работы СВО посредством применения метеоданных / К. О. Мешик; науч. рук. Л. Н. Данилевский // Современные проблемы природопользования и природообустройства : сборн. тезисов докл. Международной науч.-практ. конф. молодых ученых, посв. 50-летию кафедры природообустройства, Брест, 6–7 октября 2022 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Брестский гос. техн. ун-т, М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды, Брестский обл. комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред.: А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 80.
2. Каперейко, Ю. В. Влияние ветра на жизнедеятельность человека в помещениях / Ю. В. Каперейко // XXV Респ. научно-практ. конф. молодых ученых, Брест, 16 мая 2023 г. : сб. материалов / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. Е. Будько. – Брест : БрГУ, 2023 – 15–18 с.
3. Каперейко, Ю. В. Анализ факторов, влияющих на микроклимат помещений, и возможностей их учета при разработке способов регуляции систем отопления / Ю. В. Каперейко ; науч. рук. В. Г. Новосельцев // Устойчивое развитие: региональные аспекты : сб. тезисов докладов XV Международной научно-практ. конф. молодых ученых в рамках Года мира и созидания, Брест, 27–28 апреля 2023 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Брестский гос. техн. ун-т [и др.] ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред.: А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 97.
4. Кувшинов, Ю. Я. Энергосбережение в системе обеспечения микроклимата зданий / Ю. Я. Кувшинов. – М. : Изд-во АСВ, 2010. – 320 с.
5. Покотилов, В. В. Системы водяного отопления / В. В. Покотилов. – Вена, 2008. – 159 с.
6. Головкин, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учеб. пособие / В. А. Головкин, В. В. Краснопрошин. – Минск : БГУ, 2017. – 263 с.

Клюева Е. В., Клюева Л. В., Янчилин П. Ф.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ КАК ФАКТОР УСПЕШНОСТИ СТУДЕНТОВ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Брестский государственный технический университет, г. Брест. Клюева Е. В.,
Янчилин П. Ф. – старшие преподаватели кафедры теплогазоснабжения и вентиляции,
ГУО «Лицей № 1 имени А. С. Пушкина» г. Бреста, Клюева Л. В. – педагог-
психолог высшей категории*

Эффективность обучения определяется внутренними и внешними критериями. Успешность обучения, академическая успеваемость, качество знаний и степень наработанности умений и навыков, уровень развития студента относятся к внутренним критериям [1]. Успешность обучения может рассматриваться как объективный критерий готовности к профессиональной деятельности студентов. На определенных этапах обучения наряду с интеллектуальными способностями, самостоятельностью, способностью к самоуправлению важно учитывать психологическую готовность студентов адекватно воспринимать оценивание результатов их учебной деятельности, что также может способствовать развитию критического мышления, формированию самооценки, внесению корректировки в индивидуальный образовательный маршрут. Оценивание студентов может рассматриваться как конструктивная обратная связь, позволяющая не только фиксировать итоги учебной деятельности, но и дать толчок к новому витку развития и, в итоге, повысить качество образования [2].

В качестве внешних критериев эффективности обучения принимают: степень адаптации выпускника к социальной жизни и профессиональной деятельности; темпы роста процесса самообразования; уровень образованности и профессионального мастерства; готовность повысить образование [1]. Ранее кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» (ТГВ) проводились исследования удовлетворенности студентов выпускного курса по результатам изучения теплоэнергетических дисциплин и оценка перспектив трудоустройства молодых специалистов специальности «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» (ТГВиОВБ) [3]. Это позволило выявлять положительные и отрицательные мотивации к получению инженерного образования студентов при обучении профессиональным дисциплинам. Отмечается также, что при трудоустройстве и выборе места работы студенты ставят на первое место не только высокую заработную плату (65,3 %), но и возможность карьерного роста и самореализации (63,3 %) [4].

Для изучения субъективного восприятия оценивания преподавателями вуза знаний и навыков студентов были опрошены студенты специальности ТГВ. В анкетировании участвовали 19 студентов второго курса (в период после сессии) и 24 студента четвертого курса (в период текущей аттестации).

Для начала было интересно узнать, имелись ли затруднения у студентов при прохождении аттестации и считают ли они, что могли получить более высокие оценки. Большая часть опрошиваемых – 76,7 % не испытывали затруднений («нет» и «скорее нет, чем да»), небольшой процент студентов ответили «скорее да, чем нет» – 16,3 % и 2 человека – «да, как обычно». При этом подавляющее большинство отметили, что могли получить более высокие баллы – 74,4 %.

Мнение студентов о существующей системе оценивания знаний и необходимости выставления отметок в вузе представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Мнение студентов о существующей системе оценки знаний

	2 курс, %	4 курс, %	Всего, %
Зачем нужны отметки в университете:			
А) для определения знаний и умений студентов	52,6	54,2	53,5
Б) для того, чтобы все старались быть лучше	5,3	12,5	9,3
В) для родителей	10,5	0,0	4,7
Г) чтобы сравнивать результаты с другими студентами	5,3	29,2	18,6
Д) чтобы студенты учили материал, выполняли задания	21,1	20,8	20,9
Е) другое	15,8	12,5	14,0
Считаете ли Вы, что существующая система оценки знаний умений и компетенций достаточно объективна и справедлива?			
А) Да, в целом существующая система оценки знаний, объективна и справедлива	42,1	20,8	30,2
Б) Не совсем. Надо оценивать не столько уровень знаний, сколько отношение студента к учебе, его индивидуальные способности, самостоятельную работу, активность на семинарах.	21,1	25,0	23,3
В) Не совсем. Методы и формы оценки знаний должны быть дифференцированы в зависимости от значимости и места дисциплины в образовательной программе	10,5	20,8	16,3
Г) Нет. Я считаю, что в существующей системе преподаватели могут проявлять необъективность	21,1	37,5	30,2

Более половины студентов также отметили, что обучаться без отметок не хотят (58,1 %), т. к. считают существующую систему оценивания знаний лучшей, и так проще оценить способности каждого.

Таблица 2 – Причины и отношение к получению плохих отметок

	2 курс %	4 курс, %	Всего, %
Почему в принципе студент получает плохую отметку?			
А) у преподавателя плохое настроение	21,1	45,8	34,9
Б) плохо выучил материал	73,7	50,0	60,5
В) рассердил преподавателя своим поведением	26,3	50,0	39,5
Г) не может учиться лучше	15,8	20,8	18,6
Д) не успевает на занятиях	21,1	29,2	25,6
Е) не хочет выполнять задания	47,4	33,3	39,5
Что Вам не нравится, когда Вы получаете плохие отметки			
А) я расстраиваюсь и не хочу учиться	0,0	4,2	2,3
Б) мне обидно	36,8	37,5	37,2
В) друзья будут смеяться	10,5	0,0	4,7
Г) мне все равно	42,1	33,3	37,2
Д) мне не купят подарок родители	10,5	0,0	4,7
Е) преподаватель плохо ко мне относится	0,0	4,2	2,3
Ж) боюсь, что родители меня накажут	10,5	4,2	7,0
З) думаю, что преподаватель поступает несправедливо	0,0	29,2	16,3

Также респондентам было предложено проанализировать, по каким причинам студент получает плохую отметку, что он при этом чувствует (таблица 2).

Проведение текущих аттестаций по учебным дисциплинам позволяет результат, полученный студентом, сравнить с его же прошлыми достижениями. Преимущество данного подхода делает возможным выявить динамику освоения студентом учебной дисциплины, увидеть индивидуальные успехи или их отсутствие. Кроме того, при таком оценивании значительно повышается самооценка обучающегося и его мотивация к достижению успеха.

Получать хорошие отметки студенты хотят по разным причинам. Самые весомые из них: «просто приятно для себя» — 67,4 %, «это показатель хороших знаний» — 32,6 %, «избежать замечаний деканата, преподавателей и родителей» — 18,6 %, «получить похвалу от преподавателя» — 18,6 %. Они связаны не только с повышением самооценки, но и собственным эмоциональным комфортом и защищенностью.

Уровень заинтересованности студентов в получении высоких отметок на экзаменах или зачетах представлен следующим образом:

- максимально заинтересован и прилагаю максимум усилий и более – 16,3 %;
- значительно заинтересован и прилагаю усилия, по мере своих возможностей – 62,8 %;
- заинтересован, если не надо прилагать усилия – 7 %;
- устраивают и невысокие отметки, особенно «автомат» – 9,3 %;
- лишь бы отметки были не ниже «четырёх» баллов – 2,3 %;
- абсолютно все равно – 4,7 %.

Если текущая аттестация или сессия были успешно сданы студентом (с получением высоких оценок), то это может стать стимулом к тому, чтобы более старательно и ответственно готовиться в будущем, мотивирует на успех в дальнейшей учебной деятельности большую часть опрошенных. Были получены положительные ответы: «да, обязательно» — 9,3 %, «да, стараюсь, хотя бы в начале» — 9,3 %, «скорее да, чем нет» — 25,6 %. И только 10,5 % студентов 2 курса ответили «скорее нет, чем да» и 10,5 % — «нет, это никак не влияет». Студенты 4 курса имеют более высокий средний бал (79,2 % имеют 8 и более), по сравнению с младшими, уверены в своих знаниях и уже более ориентированы на серьезное отношение к учебе и результативность. Поэтому для 62,5 % студентов старшего курса успешно сданная сессия или аттестация становится нормой, а не стимулом стараться еще больше, т. к. они уже прилагают достаточно усилий.

Подготовленность студента к контролю знаний часто связана с его психическим и физическим состоянием. Более половины опрошенных отмечают, что перед экзаменом, зачетом или другой аттестацией они испытывают волнение, учащенное сердцебиение — 67,4 %. Также вызывает тревогу и ожидание устного опроса — 39,5 %, что связано с тем, что студенты стесняются отвечать — 14 %, не уверены в своих знаниях — 16,3 %, считают, что преподаватели слишком строги и могут необъективно оценить их ответ — 7 %, нет времени подумать над ответом — 9,3 %. При этом выяснилось, что перед экзаменом больше испытывают волнение студенты 4 курса (75 %), а вот второкурсникам сложнее дается моральная готовность к устному опросу (57,9 %).

В процессе аттестации могут возникать ситуации, когда студент не согласен с полученной оценкой — это отмечают 25,6 % опрошенных. Для разрешения этой ситуации студенты могут использовать следующие стратегии: смириться и промолчать — 46,5 %; попросить преподавателя обсудить отметку — 44,2 %; разобраться в своих ошибках и в

дальнейшем прикладывать больше усилий, проявить усердие – 23,3 %; попросить преподавателя о возможности переписать работу или заново ответить устно – 14 %.

Для того чтобы оценка выступала средством повышения результатов обучения, закрепления знаний и объективно отражала качество подготовки студентов, необходимо охватить всех (или большую часть) студентов контрольными операциями. Причем при использовании письменных методов проверки соблюдать объективность оценки знаний и умений. При использовании устных ответов обращать внимание на логичность, последовательность изложения и самостоятельность ответов, недопустимость использования шпаргалок, учебников и других источников информации [5]. Это развивает когнитивно-коммуникативные компетенции будущего специалиста.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что получаемые студентами высокие отметки и оценивание успешности их учебной деятельности могут стать дополнительным стимулом для серьезного и ответственного отношения к получению крепких знаний, что несомненно отразится на качестве мотивации обучения и готовности к профессиональной деятельности.

Есть такое выражение – замеченное поведение имеет тенденцию к повторению, – что справедливо на любом жизненном этапе человека и при любом виде деятельности. Поэтому высокие положительные оценки в зачетной книжке или устная похвала и одобрение преподавателя за отлично выполненную работу помогут поддержать в студенте стремление повысить эффективность своего обучения, мотивировать на регулярную и добросовестную работу.

Список использованных источников

1. Бордовская, Н. В. Педагогика : учеб. пособие / Н. В. Бордовская, А. А. Реан. – СПб. : Питер, 2011. – 304 с.
2. Краснова, Т. И. Оценивание учебной деятельности студентов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://charko.narod.ru/tekst/an6/3.html/>. – Дата доступа: 26.03.2024.
3. Ключева, Е. В. Мониторинг удовлетворенности студентов по результатам изучения дисциплин теплоэнергетического профиля / Е. В. Ключева // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : Материалы научного семинара / Брест, БрГТУ, 21 марта 2018 г. / под ред. В. С. Северянина, В. Г. Новосельцева – Брест : РУПЭ «Брестэнерго», 2018. – С. 40–43.
4. Ключева, Е. В. Оценка перспектив трудоустройства молодых специалистов ТГВ: мнение студентов / Е. В. Ключева, С. Р. Сальникова, П. Ф. Янчилин // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : Материалы научного семинара. Часть 1 / Брест, БрГТУ, 22 апреля 2022 г. / под ред. В. С. Северянина, В. Г. Новосельцева – Брест : РУПЭ «Брестэнерго», 2022. – С. 108–111.
5. Оценка качества результатов обучения студентов в вузе / А. И. Савченко // Профессиональное образование и технологическое обучение в Российской Федерации и за рубежом. – 2016. – № 9 (47) [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <https://infed.ru/articles/472/>. – Дата доступа: 05.04.2024.

Ляхов С.В., Гончаров И.П.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА, ВОДЫ, ТЕПЛА ВОЗДУХА И ЗЕМЛИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ МИНТРАНСА

Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника». Ляхов С.В. – к. т. н., старший научный сотрудник; Гончаров И.П. – заведующий отделом исследований в области безопасности транспортной деятельности

Введение

В сфере использования ТЭР особенностью организаций Минтранса является децентрализованное размещение котельных малой мощности (от 0,1 до 0,01 МВт) для обеспечения тепловой энергией собственных нужд подразделений белорусской железной дороги, дорожно-строительных управлений, ОАО «ДОРОРС». По состоянию на конец 2023 года в организациях числилось 823 котельных, из которых работало: на газе – 151 ед.; на мазуте – 8 ед.; на котельном печном бытовом топливе – 37 ед.; на местных ТЭР, включая ВИЭ – 627 ед.

В 2023 году в целом по Минтрансу доля использования ВИЭ в объеме КПП составила 12,5 %. В организациях складывается тенденция по снижению использования котельных малой мощности на древесном топливе. Это связано с переходом на современные технологические процессы, производством тепловой энергии с применением автоматизированных технологий, не требующих наличия операторов котельных, складов для хранения древесного топлива и постоянного его подвоза. При этом идет увеличение использования энергии солнца, воды, тепла воздуха и земли, которая в переводе на тонны условного топлива составила в 2023 году 7,9 % от всех ВИЭ.

Основными пользователями энергии солнца, воды, тепла воздуха и земли в организациях Минтранса являются Государственное объединение «Белорусская железная дорога» (тепловая энергия) и Республиканское унитарное эксплуатационно-строительное предприятие «Днепро-Бугский водный путь» (электрическая энергия) [1].

Использование энергии солнца

Использование малых котельных для подогрева воды в межотопительный период не всегда эффективно. По этой причине на Белорусской железной дороге внедряются гелионагревательные установки, которых на конец 2023 года насчитывалось 169 ед. Использование гелионагревательных установок по отделениям Белорусской железной дороги представлено в таблице 1. Самая мощная гелионагревательная установка находится на стадионе «Локомотив» культурно-спортивного комплекса в г. Гомель, которая имеет 60 гелиоколлекторов, с апертурной площадью около 170 м² (рисунк 1).

В качестве примера использования гелионагревательных установок можно привести установку открытого акционерного общества «Автосила» (автомобильный перевозчик) в г. Минск, где установка используется в межотопительный период для подогрева воды с количеством гелиоколлекторов 10 ед. с апертурной площадью 14,7 м² и емкостью накопительных баков 1000 л.



Рисунок 1 – Гелиоколлекторы на крыше здания стадиона «Локомотив» в г. Гомеле

Таблица 1. Использование гелионагревательных установок на Белорусской

Отделения Белорусской железной дороги с подчиненными организациями	Количество, ед.	Произведенная в 2023 г. суммарная годовая тепловая энергия		Применение
		Гкал	т у.т.	
Минское	22	213,4	30,5	Горячее водоснабжение в межотопительный период
Барановичское	14	37,0	5,3	
Брестское	19	503,0	71,9	
Витебское	23	256	36,6	
Гомельское	64	630	90,1	
Могилевское	14	208,9	29,9	
Организации подчиненные БЖД	13	87,5	12,5	
Всего	169	1935,8	276,8	
Примечание – Данные предоставлены Белорусской железной дорогой				

Использование фотоэлектрических комплексов дорого и имеет значительный срок окупаемости. Вместе с тем, когда прокладка электрических сетей крайне дорога, применение фотоэлектрических комплексов становится выгодным решением. Пока применение их немногочисленно. Разновидностью фотоэлектрических комплексов являются автономные источники наружного освещения. В таблице 2 представлены используемые фотоэлектрические комплексы на Белорусской железной дороге.

В качестве примера можно привести фотоэлектрический комплекс на базе топлива и нефтепродуктов локомотивного депо г. Витебска. Внедрение комплекса было продиктовано необходимостью увеличения мощности потребления электрической энергии с невозможностью ее обеспечения имеющейся электрической сетью. Комплекс используется для внутреннего и внешнего освещения, работы электрооборудования. Выработка электрической энергии комплексом составляет 4 тыс. кВт·ч в год.

Таблица 2. Использование фотоэлектрических комплексов (автономных источников освещения) на Белорусской железной дороге

Отделения Белорусской железной дороги с подчиненными организациями	Количество, ед.	Произведенная в 2023 г. суммарная годовая электрическая энергия		Применение
		тыс. кВт·ч	т у.т.	
Витебское	1	4	0,49	Электр.энергия в помещении
Гомельское	1	0,40	0,05	Наружное освещение
Могилевское	1	0,13	0,02	
Организации подчиненные БЖД	1	0,08	0,01	
Всего	4	4,61	0,57	
Примечание – Данные предоставлены Белорусской железной дорогой				

Автономные источники освещения использует Открытое акционерное общество «Авиакомпания «Белавиа» в Национальном аэропорту «Минск» для освещения территории авиационно-технической базы, где расположено 23 ед. таких источников. Источники включаются при попадании людей в зону присутствия, а основное освещение используется по мере необходимости. В результате экономия электрической энергии составляет 2,5 тыс. кВт·ч в год (экономический эффект – 680 руб.). Срок окупаемости автономных источников освещения составляет 5 лет.

Использование энергии тепла воздуха и земли

На Белорусской железной дороге активно внедряются тепловые насосы. Установка тепловых насосов показала свою выгоду. На конец 2023 года насчитывалось 47 ед. тепловых насосов «воздух – вода» и 6 ед. тепловых насосов «земля – вода». Использование по отделениям Белорусской железной дороги тепловых насосов воздух – вода и земля – вода представлено в таблицах 3 и 4.

В 2010 году Белорусская железная дорога установила первый тепловой насос малой мощности для отопления здания остановочного пункта «Крыжовка» (Минский район).

Самой мощной установкой на Белорусской железной дороге, использующей 3 тепловых насоса, является установка воздух – вода в моторвагонном депо г. Минска мощностью 142,5 кВт с производительностью 150 Гкал в год (в переводе 21,5 т у. т.) [2]. Суммарная емкость 2-х накопительных баков составляет 8000 л. В межотопительный период депо полностью отключает подачу тепловой энергии от городской централизованной сети. Экономический эффект от применения тепловых насосов составляет 14 тыс. рублей в год.

На терминале Колядичи Белорусской железной дороги (Минский район) установлен тепловой насос земля – воздух, эффективность применения которого еще выше, – при использовании 1 кВт электрической энергии производится 5 кВт тепловой энергии. Данный насос использует тепло грунта, температура которого даже в зимний период не опускается ниже 5 °С. Применение теплового насоса позволяет экономить до 10 тыс. рублей в год.

Использование энергии воды

Республиканским унитарным эксплуатационно-строительным предприятием «Днепро-Бугский водный путь» эксплуатируется 5 мини-ГЭС на гидроузлах «Дубое»,

«Кобрин», «Залузь», «Новосады», «Стахово» [1], которые в 2023 году произвели электрической энергии в объеме 4035 тыс. кВт·ч, что в переводе 496 т у. т. Электрическая энергия потребляется для собственных нужд и поступает в сеть Государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго».

Таблица 3. Использование тепловых насосов воздух – вода на Белорусской железной дороге

Отделения Белорусской железной дороги с подчиненными организациями	Количество, ед.	Произведенная в 2023 г. суммарная годовая тепловая энергия		Применение
		Гкал	т у.т.	
Минское	18	757,5	108,3	Обогрев помещ. – 1 ед., горячее водосн – 7 ед.
Барановичское	3	101,0	14,4	Обогрев помещ. – 1 ед., горячее водосн – 2 ед.
Витебское	11	251,0	35,9	Обогрев помещ., горячее водосн
Гомельское	1	52,0	7,4	Горячее водоснабж
Могилевское	14	208,9	29,9	Горячее водоснабжение
Всего	47	1370,4	195,9	
Примечание – Данные предоставлены Белорусской железной дорогой				

Таблица 4. Использование тепловых насосов земля – воздух на Белорусской железной дороге

Отделения Белорусской железной дороги с подчиненными организациями	Количество, ед.	Произведенная в 2023 г. суммарная годовая тепловая энергия		Применение
		Гкал	т у.т.	
Минское	4	168,0	24,0	Обогрев помещений – 1 ед., горячее водосн. – 3 ед.
Барановичское	1	16,0	2,3	Обогрев помещений
Организации подчиненные БЖД	1	120,0	17,3	Обогрев помещений., горячее водоснабжение
Всего	6	304,0	39,5	
Примечание – Данные предоставлены Белорусской железной дорогой				

Заключение

Применение в республике энергии солнца, воды, тепла воздуха и земли является технически и экономически целесообразным. За январь – февраль 2024 года относительно аналогичного периода 2023 года в целом по Минтрансу объем

использования данных ВИЭ увеличился на 23,5 %. На 2024 год запланированы новые мероприятия, которые позволят увеличить производство и потребление ТЭР на 52 т у. т. в год.

Список использованных источников:

1. Ляхов, С. В. Использование возобновляемых источников энергии на примере организаций Минтранса / С. В. Ляхов, И. П. Гончаров, С. В. Ермоленко / материалы XII Международной научно-практ. конф., посвященной 160-летию Белорусской железной дороги: Проблемы безопасности на транспорте. – Ч.1. – Гомель, 2022. – С. 262–263.
2. Лидер энергоэффективности Республики Беларусь-2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://energoeffect.gov.by/downloads/publishing/publishing_2022/20221207_lider2022_winner.docx. – Дата доступа: 26.03.2024.

Новосельцев В. Г. , Новосельцева Д. В., Лукша В. В.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СИСТЕМЫ
ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА**

*Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
Новосельцев В. Г. – к. т. н, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения
и вентиляции; Новосельцева Д. В. – доцент кафедры природообустройства;
Лукша В. В. – доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции,*

Обследуемое здание состоит из 4 секций: по две секции на каждую очередь строительства (всего 2 очереди – первая подъезды 1 и 2, вторая - подъезды 3 и 4) с отдельными системами водоснабжения и индивидуальными тепловыми пунктами. В результате исследования системы горячего водоснабжения и индивидуального теплового пункта установлено следующее.

1. Система горячего водоснабжения запроектирована циркуляционная посекционно закольцованная (5 водоразборных стояков и 1 циркуляционный на подъезды 1 и 2, аналогично и на подъезды 3 и 4). Трубопроводы магистралей – стальные, стояков и подводок к санитарным приборам – полипропиленовые. Все магистрали и стояки системы горячего водоснабжения теплоизолированы. План технического подполья с расположением магистральных трубопроводов системы горячего водоснабжения показан на рисунках 1 и 2.

2. Результаты визуального обследования:

Подъезды 1 и 2 (общее количество квартир – 100):

Количество обследованных квартир – 46;

Количество квартир, в которых доступ отсутствовал – 54 (из них количество квартир, отказавших в доступе – 1);

Количество квартир из обследованных, в которых были дополнительно установлены водоразборные устройства в систему горячего водоснабжения – 9 (17%);

Количество квартир из обследованных, в которых были внесены изменения в систему горячего водоснабжения, а именно замена полотенцесушителей – 24 (52%);
в том числе без установки байпаса – 4 (17%).

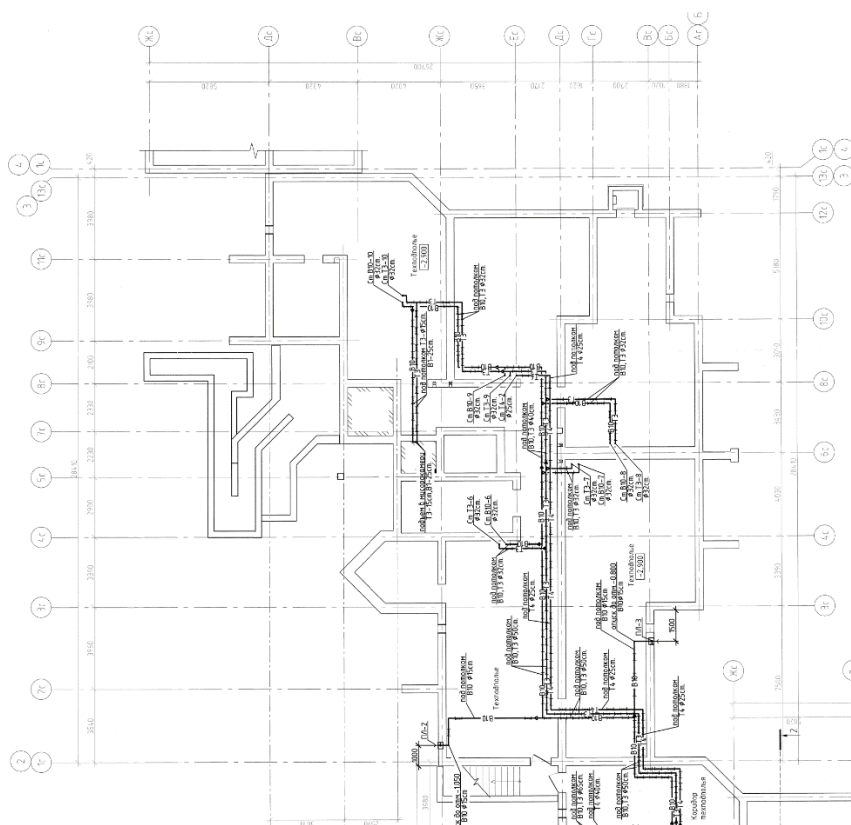


Рисунок 1 – План техподполья (часть 1)

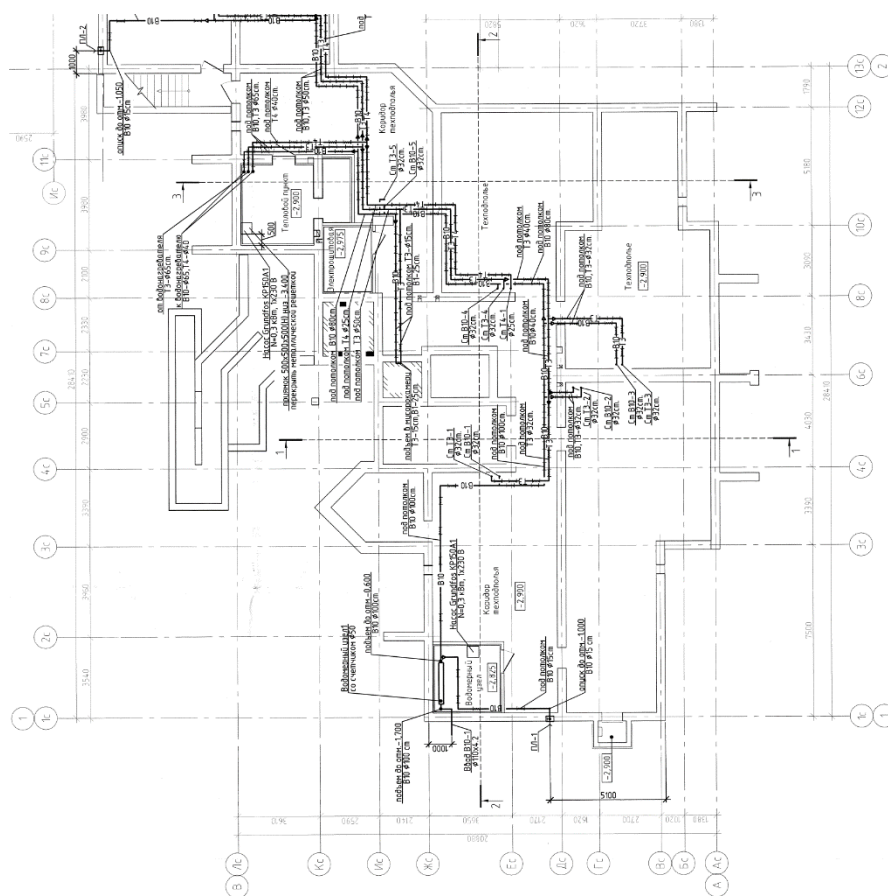


Рисунок 2 – План техподполья (часть 2)

Подъезды 3 и 4 (общее количество квартир – 100):

Количество обследованных квартир – 32;

Количество квартир, в которых доступ отсутствовал – 68 (из них количество квартир, отказавших в доступе – 6);

Количество квартир из обследованных, в которых были дополнительно установлены водоразборные устройства в систему горячего водоснабжения – 0;

Количество квартир из обследованных, в которых были внесены изменения в систему горячего водоснабжения, а именно замена полотенцесушителей – 18 (56%); в том числе без установки байпаса – 4 (22%).

В соответствии с требованиями приложения А нормативного документа [1], действовавшего на момент проектирования системы водоснабжения рассматриваемого здания, секундный расход воды мойками и умывальниками должен составлять 0,09л/с.

Визуальное обследование и выборочный замер расходов воды, поступающих через водоразборные устройства объемным методом, показал недостаточный расход воды в квартирах верхних этажей, в основном, присоединенных к крайним стоякам Ст ТЗ-1, в моменты повышенного водоразбора в системе горячего водоснабжения в вечернее время.

Наиболее низкие расходы обнаружены в системе горячего водоснабжения квартиры 200 (10 этаж, стояк Ст ТЗ-1), составлявшими в моменты вечернего интенсивного водоразбора (по времени в среднем с 20.30 до 22.30) 0,045л/с, что вдвое меньше нормативного значения. Вместе с этим, в квартире на 7 этаже, подключенной к стояку Ст ТЗ-1, в это же время расход составил 0,084л/с. Доступ в квартиры 8 и 9 этажей отсутствовал.

Расходы в квартирах на нижних этажах, в особенности на стояках, близких к тепловому пункту составляли в среднем 0,1-0,2л/с (измерялись выборочно).

3. Исследование диаметров трубопроводов системы горячего водоснабжения показали следующее: диаметры трубопроводов подающих магистралей (рисунок 1 и 2) и стояков (диаметр 40мм, материал полипропилен), а также циркуляционного стояка (диаметр 32мм, материал полипропилен) соответствуют проекту, диаметр циркуляционной магистрали увеличен на 1 типоразмер. У основания водоразборных стояков в качестве запорной арматуры установлены шаровые краны, что соответствует проекту.

4. Для анализа давления (напора), передаваемого в систему горячего водоснабжения здания, и расхода выполнено исследование работы оборудования индивидуального теплового пункта. Исследования проводились многократно в течение срока действия договора в дневное и вечернее время при различной интенсивности действия водоразборных устройств в здании.

Давление, передаваемое из городского водопровода на входе в тепловые пункты 1 и 2 подъездов, а также 3 и 4 подъездов составляло 0,47-0,48 мПа (определено по показаниям манометров).

В системе горячего водоснабжения обоих тепловых пунктов в качестве основных рабочих установлены циркуляционные насосы марки GRUNDFOS MAGNA 1 32-100 180 (работают оба на 3-й скорости).

Давление, передаваемое в систему горячего водоснабжения здания 1 и 2 подъездов – 0,47-0,48мПа, а также 3 и 4 подъездов составляло 0,42мПа (определено по показаниям манометров).

В среднем общий расход (на водоразбор и циркуляционный), поступающий в систему горячего водоснабжения здания при интенсивном водоразборе составил за время многократных наблюдений: 3,89т/ч (система 1 и 2 подъездов), 3,85т/ч (система

3 и 4 подъездов), с кратковременным увеличением до 5,4т/ч (определены по показаниям счетчика теплоты).

Температура горячей воды на выходе из теплообменника в обоих тепловых пунктах в среднем в диапазоне – 54-55,8⁰С, в циркуляционном трубопроводе перед теплообменником – 50-51,3⁰С.

5. Для анализа давления, передаваемого в систему горячего водоснабжения квартир в режиме только водоразбора (отключена циркуляция), а также в водоразборные устройства квартир наиболее удаленных стояков без влияния остальных стояков, выполнены специальные исследования путем перекрытия шаровыми кранами соответствующих частей системы 3 и 4 подъездов. Исследования проводились дважды в разные дни в вечернее время при высокой интенсивности действия водоразборных устройств в здании. Режим водоразбора создавался отключением циркуляционного насоса и закрытием всех стояков на чердаке здания для исключения эффекта опрокидывания в водоразборных стояках. В этом режиме на 10 этаже стояка Ст ТЗ-1 расход воды в водоразборных устройствах составлял в среднем 0,06-0,07л/с при общем расходе водоразбора в системе 1,2-1,5 т/ч. Для исследования работы стояка Ст ТЗ-1 были закрыты все остальные водоразборные стояки на чердаке и в подвале, кроме циркуляционного и включался циркуляционный насос. В этом режиме на 10 этаже стояка Ст ТЗ-1 расход воды в водоразборных устройствах составлял в среднем 0,074л/с при общем расходе водоразбора в системе 0,27 т/ч (0,075л/с), то есть в момент снятия показаний кроме рассматриваемого другие водоразборные устройства практически не работали.

Анализ результатов обследования

1. Для анализа правильности проектных решений по определению расходов воды в системе горячего водоснабжения выполнены расчеты максимальных расходов воды, а также циркуляционного расхода. Методика расчета расходов приведена в [1].

Произведя расчет, получаем расчетный циркуляционный расход 1,8т/ч. Общий расчетный расход составляет 7,35т/ч. Проектный расход составляет 7,4т/ч. Таким образом, проектные значения расходов воды на водоразбор и циркуляцию соответствуют требованиям норматива [1].

2. Анализ данных обследования и расчетных расходов показывает, что диаметры трубопроводов магистралей и стояков достаточны для пропуска проектных расходов с оптимальными гидравлическими сопротивлениями. Определим давление, необходимое для нормальной работы системы горячего водоснабжения в соответствии с [1], п 8.5.10.

Давление H_p , МПа, развиваемое повысительной установкой, следует определять по формуле

$$H_p = H_{geom} + \sum H_{L,tot} + H_f - H_g, \quad (1)$$

где H_{geom} — давление, необходимое для подачи воды от оси трубопровода наружной водопроводной сети до оси наиболее высоко расположенного водоразборного устройства, мПа (в рассматриваемом случае 27,3м или 0,273мПа);

$H_{L,tot}$ — сумма потерь давления в трубопроводах системы водоснабжения, мПа (определено расчетным путем 9-11 м или 0,09-0,11мПа);

H_f — свободное давление, Мпа (0,02 мПа для смесителей моек и умывальников, 0,03 мПа для смесителей ванн);

H_g — наименьшее гарантированное давление в наружной водопроводной сети, МПа.

Давление, необходимое для нормальной работы системы горячего водоснабжения составляет 0,413МПа. Давление, передаваемое из городского водопровода на входе в тепловые пункты, по результатам обследования составляло 0,47-0,48 МПа. Таким образом, давления, передаваемого в систему горячего водоснабжения, достаточно для нормального функционирования системы.

3. Недостаточный расход воды в некоторых частях системы горячего водоснабжения обусловлен в первую очередь повышенными сопротивлениями.

Так в тепловом пункте 3 и 4 подъездов разница давления передаваемого из городского водопровода и передаваемого в систему горячего водоснабжения составляла 0,05-0,06МПа. Эта разница является гидравлическими потерями между точками съема показаний, а именно в фильтре, первичном преобразователе расхода и теплообменниках 1 и 2 ступени (потерями в трубах и обратном клапане можно пренебречь за счет их незначительности). Потери в фильтре можно не учитывать, так как во время обследования установлено, что сетка фильтра демонтирована. При фактических расходах расчетные потери в теплообменнике марки БУГ Х 12.114 составляют 0,7кПа (определены по данным производителя для пространства плаща теплообменника). При фактических расходах расчетные потери в первичном преобразователе расхода электромагнитного типа счетчика теплоты ТЭМ-104 составляют менее 0,1кПа (определены по данным производителя). Суммарные расчетные гидравлические потери составляют менее 0,001МПа, что значительно отличается от фактических значений. Необходим поиск и устранение повышенных сопротивлений в этом узле, в первую очередь промывка теплообменников 1 и 2 ступени.

4. Отключение всех стояков, кроме стояка Ст ТЗ-1, показало недостаточный расход воды в квартире 10 этажа, что является следствием повышенного гидравлического сопротивления на стояке. Доступ в квартиры 8 и 9 этажей отсутствовал, а в квартире на 7 этаже после замены полотенцесушителя установлен байпас на 2 диаметра меньше типоразмера стояка. В квартирах 1-6 этажей уменьшение сечения стояка не выявлено.

Таким образом, необходимо обследование подключения систем горячего водоснабжения квартир 8 и 9 этажей, а также увеличение диаметра байпаса до диаметра стояка в квартире на 7 этаже. Аналогичные мероприятия должны быть осуществлены для систем горячего водоснабжения всех квартир здания.

После устранения повышенных сопротивлений необходимо повторное исследование расхода и давления при обеспечении водоразбора только через данный стояк и оценка его гидравлического сопротивления.

Необходимо отметить, что повышенные сопротивления в трубопроводных системах из полипропиленовых труб могут быть следствием неверного монтажа хотя бы одного фитинга (заплавлено сечение трубы), что может привести к неудовлетворительной работе водоразборной части системы, находящейся выше данного фитинга или недостаточном циркуляционном расходе всего кольца через данный стояк.

5. Недостаточный расход воды в некоторых частях системы горячего водоснабжения также может быть обусловлен неравномерным распределением расходов воды по стоякам.

Следует отметить, что в п. 9.3.5 нормативного документа [1], действовавшего на момент проектирования, указано, что «потери давления в подающих и циркуляционных трубопроводах от водонагревателя до наиболее удаленных водоразборных или циркуляционных стояков каждой ветви системы не должны

отличаться для разных ветвей более чем на 10 %». Учитывая, что все диаметры стояков приняты 40мм, а у основания их установлены шаровые краны, являющиеся только запорной арматурой, потери давления в дальних стояках ветвей являются большими, чем у ближних, за счет большей протяженности магистральных трубопроводов, соответственно, больших гидравлических сопротивлений. Для выравнивания потерь давления необходима установка регулирующей арматуры (балансировочных клапанов) у основания стояков, расчет и установка на них необходимых настроек.

6. Расходы в квартирах на нижних этажах, в особенности на стояках, ближних к тепловому пункту составляли в среднем 0,1-0,2л/с, что несколько больше, чем нормативные значения. Это обусловлено повышенным давлением перед этими водоразборными устройствами. Снижение давления в этих устройствах до нормативных значений позволит увеличить давление и, соответственно, расход на водоразборных устройствах с недостающим расходом. В данном случае необходима установка редукторов давления на вводах в систему горячего водоснабжения квартир.

Список использованных источников:

1. ТКП 45-4.01-52-2007 Системы внутреннего водоснабжения зданий. – Минск, 2008.

Нурбердиев А. Ч., Нурыев Р. Ш., Бердиева М. Ч., Гулгелдиева Х. А.

НОРМАТИВЫ ОСВЕЩЕНИЯ В МЕДУЧРЕЖДЕНИИ

Государственный энергетический институт Туркменистана. Нурбердиев А. Ч., Нурыев Р. Ш. – преподаватели; Бердиева М. Ч., Гулгелдиева Х. А. – студенты

Организация правильного освещения медицинских помещений обеспечивает комфорт посетителей и настраивает на продуктивную работу персонал. Достаточный свет необходим везде – в палатах и кабинетах, где проводится прием, в операционных, коридорах, на стойке регистратуры и т. д.

Так как медучреждение – это место, напрямую связанное со здоровьем людей, все освещение регулируется строгими нормативными документами. Как правильно организовать установку осветительной системы и какие потребуются приборы для выполнения всех требований, рассмотрим далее.

Правильно подробный свет для медицинских учреждений в больницах и поликлиниках – важный фактор, выполняющий ряд задач:

- обеспечение достаточного уровня освещенности для продуктивной работы медицинского персонала. Нужно чтобы во всех кабинетах и помещениях приборы отвечали нормативам;

- создание комфортной среды для посетителей;

- гарантия безопасности и допустимой видимости в экстренных ситуациях.

Свет в медучреждении напрямую влияет на настроение посетителей и на уровень комфорта. Врачи и медицинский персонал при правильном освещении работают с высокой концентрацией, потому что их не отвлекает тусклый свет, блики или слишком яркие лампы.

Достаточный уровень комфорта для людей достигают светодиодными светильниками. Это оборудование, отвечающее всем стандартам. Оно дает правильное освещение в помещении, а разнообразие моделей помогает выбрать прибор, который

не просто светит, но и украшает помещение эстетическим видом. Светодиодные светильники бывают потолочного и настенного типа с накладным или встраиваемым способом монтажа.

Оценивают медицинское освещение в учреждениях по следующим параметрам:

- уровень освещенности;
- качества света;
- равномерность освещения.

Так как в медучреждении много помещений, отвечающих разным нормативным показателям, к подготовке проекта системы освещения подходят крайне ответственно. Ведь оформление света, например, в административном корпусе, отличается от освещения в местах, где проводится непосредственно работа с пациентом.

Количество точек света и их характеристики подбираются с учетом специализации конкретного доктора. Минимальная яркость фоновое освещение медицинских кабинетов установлена на уровне 150 лк. Обязательно наличие на рабочем месте врача и в зоне осмотра пациентов локальных светильников на 500–1000 лк.

Для учреждений медицинской направленности рекомендованы приборы с естественно-белым цветом излучения. Светодиодные светильники используют с габаритной яркостью 2000 кд/м² и мощностью диода до 0,5 Вт. Энергоэффективность таких устройств составляет от 140 лм/Вт.

В отдельных видах помещений, например, в операционных, необходима установка резервного освещения. Это обеспечит достаточный уровень света при экстренном отключении электрической энергии в здании.

Существуют нормативы и для дежурного света. Для этого используют осветительные приборы, которые располагают в стенах на расстоянии не более 30 см от пола.

Места передвижения и временного пребывания посетителей внутри здания должны освещаться с яркостью 150–250 лк. Этого показателя достаточно, чтобы создать у человека комфортное эмоциональное состояние. Такой же уровень освещенности будет оптимальным для помещений технического назначения.

Туалеты персонала и общего пользования, ванные комнаты и душевые нужно обеспечить фоновым освещением яркостью до 100–200 лк. Этого достаточно для комфортного проведения гигиенических процедур. Если в помещении есть зеркало, его рекомендуют дополнить лампами более высокой яркости – до 400 лк.

Для создания комфортных условий для чтения литературы или документов необходимо организовать общее освещение яркостью не менее 250–500 лк. Если в библиотеке предусмотрены индивидуальные столы, на них нужно разместить персональные лампы.

К освещению медицинских помещений операционный предъявляются наиболее высокие требования. Фоновый свет в операционной должен иметь яркость не менее 500–1000 лк. Аналогичные требования предъявляются к родовым залам, реанимационным палатам и перевязочным кабинетам. При этом над хирургическим столом обязательно должен быть установлен мощный источник света на 20000–40000 лк.

Помещения для проведения анализов и серологических исследований должны иметь фоновое освещение яркостью 250–500 лк. Дополнительно каждое место работы сотрудников лаборатории нужно подсветить до уровня 500–1000 лк.

Для комфортного пребывания и создания спокойной атмосферы достаточно общего освещения яркостью 150–250 лк. У выхода в коридор устанавливается ночная

подвеска. В прикроватной зоне нужно дополнительно расположить локальную лампу с яркостью до 500 лк.

Приемный покой для оказания неотложной помощи.

Оптимальный диапазон в таких помещениях определен на уровне 500–1 000 лк. При этом локальные зоны, где выполняются важные мероприятия по оказанию первой помощи, нуждаются в более яркой подсветке – 10 000–20 000 лк.

Проектирование системы разрабатывают, опираясь на нормы освещенности помещений больниц. Так обеспечивают не только комфорт для медработников и клиентов клиники, но и успешно отчитываются перед органами контроля. Кроме составления верной схемы освещения, нужно еще правильно подобрать оборудование. Чтобы светильники работали эффективно и долгосрочно, используют качественные устройства.

Приборы освещения в медучреждениях должны соответствовать следующим свойствам:

- отсутствие шума, мерцания и вибрации. С этим легко справляются светодиодные светильники. Они бесшумны и излучают ровный, направленный свет, исключая возникновение раздражающих факторов;

- энергоэффективность. Так как свет в таких учреждениях горит постоянно, важно, чтобы было достаточное энергосбережение. Это минимизирует расходы на освещение;

- экологичность. Осветительные приборы не должны отрицательно влиять на здоровье людей, излучать вредные лучи;

- долговечность. Вынужденные частые замены приборов серьезно ударяют по бюджету учреждения. Также могут возникнуть проблемы с ведением рабочего процесса, если требуется срочная замена прибора. Хорошую долговечность обеспечивают LED-приборы. В зависимости от параметров они работают без замены до 50–100 тыс. часов.

Современные клиники и прошедшие комплексную реконструкцию объекты применяют для медицинского освещения светодиодные лампы. Эти источники света разрешены законодательно и соответствуют всем отраслевым стандартам. Более того, светодиодное освещение обладает множеством преимуществ:

- приближенный к дневному спектру свет, не перегружающий зрение;
- минимальный расход электроэнергии для сокращения затрат;
- высокий уровень светоотдачи при компактных размерах и малой мощности;
- увлеченный ресурс – до 60 000 часов в режиме интенсивной эксплуатации;
- постоянство характеристик на протяжении всего срока службы;
- отсутствие перегрева и наличия в составе опасных веществ;
- представлены в разных форматах – трубчатые, панельные, колбы.

Сегодня все больше медицинских учреждений разного профиля переходит на светодиодные светильники. Светодиодное оборудование позволяет легко организовать качественное освещение в соответствии с соблюдением законодательных требований и существенной экономией бюджета.

Список использованных источников

1. Айзенберг, Ю. Б. Справочная книга по светотехнике / Ю. Б. Айзенберг / М. : Энергоатомиздат, 2006.
2. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Г. М. Кнорринг, И. М. Сидров / М. : Энергоатомиздат, 1996

Оразов И. К., Атаева Г. К.

**КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ОТОБРАЖАЮЩАЯ
ФИЗИЧЕСКУЮ ШАХМАТНУЮ ИГРУ НА ЭКРАНЕ КОМПЬЮТЕРА В
РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.**

*Инженерно-технологический университет Туркменистана имени Огуз хана.
Оразов И. К. – Преподаватель кафедры киберфизических систем, Атаева Г. К. –
студентка магистратуры специальности робототехника и мехатроника*

Аннотация

В данной работе представлено проектирование и разработка интерактивной системы электронной шахматной доски. Система использует магнитные герконовые датчики для обнаружения движений шахматных фигур и перевода их в цифровые сигналы, обрабатываемые микроконтроллером Arduino. Визуализация в реальном времени на экране компьютера обеспечивает игрокам немедленную обратную связь и облегчает анализ игры. Этот подход предлагает новую и потенциально полезную среду обучения для любителей шахмат, способствуя развитию стратегического мышления и удовлетворяя разнообразные стили обучения. Основная концепция может быть адаптирована для приложений, выходящих за рамки традиционных шахмат, таких как крупномасштабные шахматные турниры, удаленный просмотр и платформы интерактивного обучения.

Введение

За последние годы сфера развлечений претерпела существенные изменения. Стремительный рост компьютерных игр неоспорим, чему способствуют достижения в вычислительной мощности, графических возможностях и повсеместном распространении высокоскоростного доступа в Интернет. Многопользовательские онлайн-игры открыли новую эру цифрового взаимодействия, предлагая уникальный социальный и соревновательный опыт. Однако на фоне этой цифровой революции возникли опасения по поводу потенциального упадка традиционных игр, особенно тех, которые имеют значительную образовательную ценность.

Шахматы, вневременная игра, известная своей способностью развивать стратегическое мышление, логические рассуждения и навыки решения проблем, сталкиваются с особой проблемой в эпоху цифровых технологий. Исследования показывают снижение интереса к шахматам среди молодого поколения, возможно, из-за ограниченного доступа к обучению шахматам в школах и внеклассных программах в сочетании с постоянно растущей привлекательностью электронных средств массовой информации. Родителям, часто имеющим напряженный график, также может быть сложно уделять время обучению своих детей тонкостям шахмат.

Этот проект решает эту проблему, представляя разработку и реализацию новой киберфизической шахматной системы, специально разработанной для образовательных целей. Используя принципы из области взаимодействия человека и компьютера (HCI), система стремится создать увлекательную среду обучения, которая легко интегрирует классическую физическую игру на шахматной доске с цифровым представлением в реальном времени на экране компьютера.

В системе используются легкодоступные и экономичные электронные компоненты, такие как микроконтроллер Arduino Uno и магнитные герконовые датчики. Этот научный подход к развитию обеспечивает доступность и доступность для школ и частных лиц, ищущих уникальный образовательный инструмент. Цифровое представление в реальном времени обеспечивает немедленную обратную связь и

визуализацию изменений состояния шахматной доски, потенциально улучшая понимание игры и принятие стратегических решений.



Рисунок 1 – Соединение физической шахматной доски с компьютерными технологиями

Литературный обзор

Умные электронные шахматы с использованием светодиодов разработаны и реализованы Н. Х. Махмудом и др. [1]. Целью шахматного набора является проецирование процесса шахматной игры на экран компьютера во время шахматного турнира. Основным блоком управления электронными шахматами является PIC18F452, который получает данные от геркона для получения информации о положении шахматной фигуры. Данные блока управления преобразуются в подходящий формат данных по стандарту RS-232. Данные передаются по последовательному кабелю (DB9) на компьютер и отображают презентацию шахматной игры на экране компьютера. Стоимость материалов и электронных компонентов, используемых в электронных шахматах, низкая, что подходит для шахматных турниров. Разработанная шахматная доска способна распознавать наличие шахматных фигур и отображать шахматную игру на экране компьютера, но не может определять роль шахматных фигур.

К. Матушек и др. разработала автономную роботизированную систему для игры в шахматы, известную как «Гамбит» [2]. Он предназначен для автоматической игры в шахматы против человека-противника. Он состоит из камеры глубины PrimeSense, установленной на руке робота, и камеры для ладони, встроенной в захват, для предоставления информации о глубине и цвете RGB. Информация о глубине и цвете RGB используется для обнаружения и распознавания шахматной фигуры.

Аппаратные компоненты: организация работы на шахматной доске

В этом разделе рассматриваются основные аппаратные компоненты, которые безупречно работают вместе для создания системы интерактивной электронной шахматной доски. Вот описание электронных компонентов и физических элементов, которые воплощают в жизнь обучающий шахматный опыт.

Магнитные герконы (в количестве 64). Эти миниатюрные датчики расположены под каждым квадратом шахматной доски. Они должны обнаружить наличие небольшого магнита, прикрепленного к основанию каждой шахматной фигуры. Когда деталь перемещается, магнит нарушает магнитное поле геркона, вызывая изменение его электрического состояния. Это изменение действует как цифровой сигнал, указывая на то, что датчик активирован и шахматная фигура переместилась.

Выпрямительные диоды 1N4007 (в количестве 64 шт.). Эти крошечные, но важные компоненты расположены под каждым квадратом шахматной доски рядом с магнитными герконами. Их основная цель — обеспечить правильную передачу сигнала

путем устранения любых потенциальных колебаний тока, вызванных магнитными герконовыми датчиками. Это обеспечивает точное обнаружение движений шахматных фигур независимо от их направления.

Микроконтроллер Arduino Uno. Этот универсальный микроконтроллер действует как центральный процессор. Он принимает цифровые сигналы, передаваемые датчиками геркона, после выпрямления диодами. Arduino запрограммирован интерпретировать эти сигналы, определяя конкретную шахматную фигуру и ее новое положение на доске. Эти обработанные данные затем отправляются в программный компонент для визуализации на экране компьютера.



Рисунок 2 – Аппаратные компоненты проекта

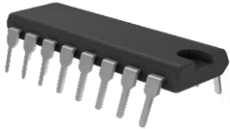
Объединив эти электронные и физические компоненты, проект создает интерактивный опыт обучения, который устраняет разрыв между классической физической шахматной доской и цифровым представлением в реальном времени. Игроки могут наслаждаться тактильным ощущением перемещения шахматных фигур, одновременно наблюдая за ходом игры на экране компьютера. Дизайн проекта

Подобрав компоненты, мы приступили к оживлению шахматной доски. Крошечные герконы были встроены в шахматную доску, каждый из которых совмещен с магнитом, прикрепленным к шахматной фигуре. Монтажные провода закрепили эти датчики для обеспечения оптимальной функциональности. Выпрямительные диоды обеспечивали чистую передачу сигнала от герконов за счет сглаживания колебаний тока. Резисторы ограничивают ток для защиты переключателей. Arduino Uno, центральный процессор системы, получал сигналы от герконов. Его запрограммированный код идентифицировал перемещенную фигуру и ее новую позицию. В шахматные доски большего размера можно интегрировать сдвиговый регистр для эффективного управления сигналами нескольких датчиков.

Обработанные данные от Arduino, содержащие информацию о движении детали, отправлялись в программный компонент. Это программное обеспечение, обычно написанное на Python, переводило данные в визуальное представление в реальном времени на экране компьютера, отражая физические движения.

Этот дизайн плавно соединяет физическую шахматную доску с ее цифровым аналогом, создавая интерактивный опыт обучения, который устраняет разрыв между традиционной и цифровой игрой.

Таблица 1. Перечень основных аппаратных компонентов

Рисунок	Имя	Количество
	Ардуино УНО	1
	74HC595 Регистр сдвига	1
	Магнитный геркон	64
	1N4007 Выпрямительный диод	64
	Печатная плата	4
	Резистор 5 k Ohm	1
	Провода	1
	Магниты	32
	Шахматная доска	1
	Монтажный провод	1

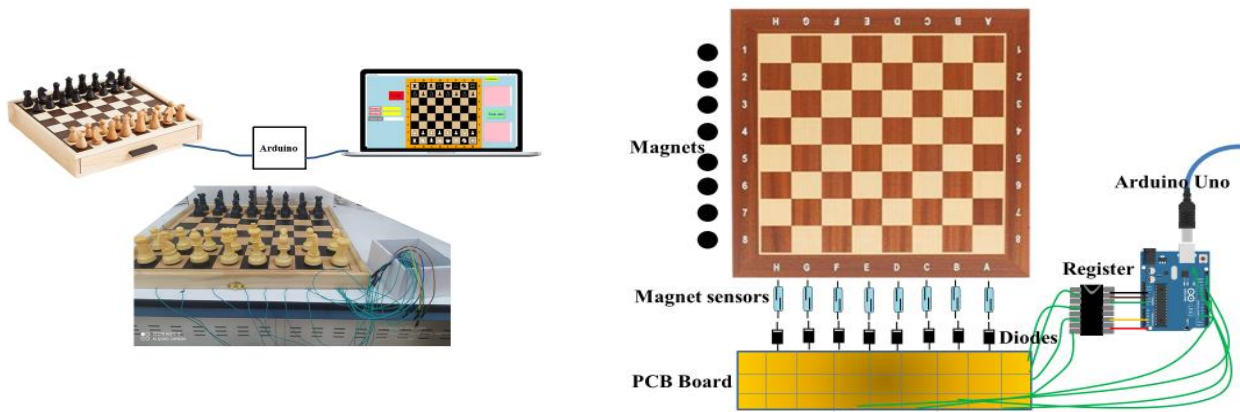


Рисунок 3 – Схема проекта

Проектирование программного обеспечения

Программное обеспечение устраняет разрыв между физической шахматной доской и экраном компьютера.

Python: Программное обеспечение написано на Python из-за его удобочитаемости и обширных библиотек.

PySerial: эта библиотека облегчает связь между Arduino и программой Python, позволяя передавать данные о перемещенных частях.

Tkinter: эта встроенная библиотека Python создает удобный графический интерфейс (GUI) для шахматной доски, визуализируя состояние игры на экране компьютера. Код Python устанавливает последовательное соединение с Arduino, используя PySerial для непрерывного прослушивания входящих данных. Эти данные, передаваемые кодом Arduino, определяют передвинутую фигуру и ее новое положение на шахматной доске. Программа Python получает и интерпретирует эти данные, извлекая соответствующую информацию. Tkinter создает графическое окно, представляющее шахматную доску на экране, с квадратами, отражающими физическую доску. На основе полученных данных программа обновляет визуальное представление. Соответствующее изображение шахматной фигуры заменяет пустой квадрат в сетке Tkinter, отражая ход, сделанный на физической доске.

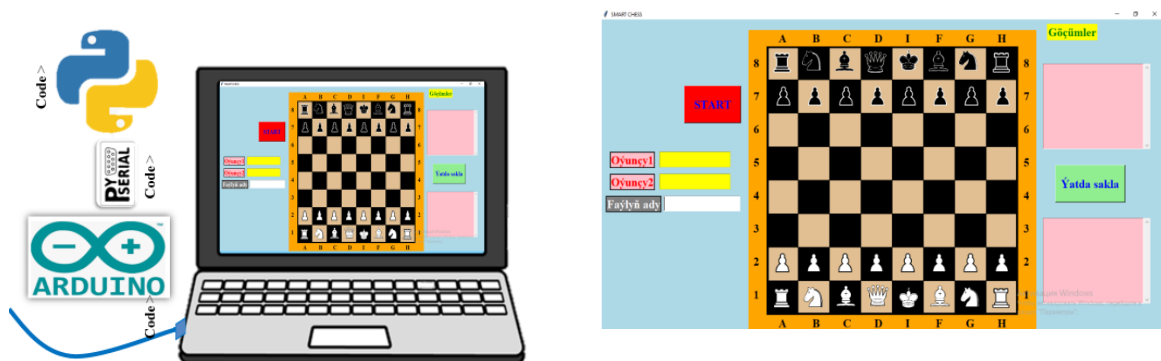


Рисунок 4 – Интерфейс программы

На этом рисунке показан интерфейс программы. Графический интерфейс Tkinter отображает визуальную шахматную доску, которая обновляется в режиме реального времени по мере физического перемещения фигур, предоставляя шахматистам увлекательный опыт обучения. По сути, программное обеспечение переводит физические движения в цифровое представление, создавая цельную и интерактивную среду обучения.

Помимо визуального представления шахматной доски, программное обеспечение включает в себя функции управления игровыми данными. В специальном разделе интерфейса (например, в правом столбце) отображается журнал движений шахматных фигур на протяжении всей игры. Этот журнал служит для записи действий игроков и процессов принятия стратегических решений. Кроме того, программное обеспечение предлагает игрокам возможность экспортировать историю игры в структурированный формат, например, в файл .xls (Microsoft Excel). Эта функция позволяет легко получать данные и проводить анализ после игры.

На рисунке изображен интерфейс программы с выделением полей пользовательского ввода имен, кнопки «СТАРТ», визуального представления шахматной доски и выделенной области для отображения журнала истории игры. Этот комплексный интерфейс обеспечивает взаимодействие с пользователем, визуализацию игровых данных и возможности анализа после игры.

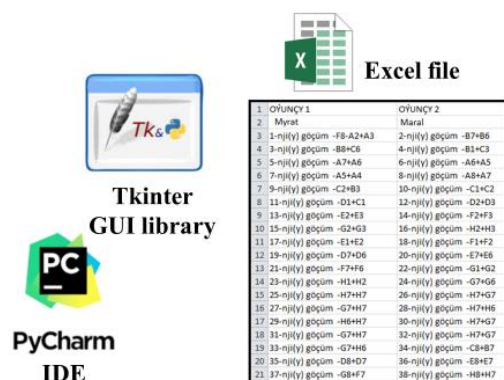


Рисунок 5 – Движения фигур, сохраненные в файле Excel

Принцип работы

Электронная шахматная доска работает по принципу перевода физических шахматных ходов в цифровые сигналы, отображаемые на экране компьютера. Крошечные магнитные датчики, встроенные под каждый квадрат шахматной доски, обнаруживают наличие магнитов, прикрепленных к основанию шахматных фигур. Когда деталь перемещается, магнит нарушает магнитное поле соответствующего датчика, вызывая изменение его электрического состояния. Для шахматных досок большего размера с 64 квадратами используется печатная плата (печатная плата) для компактного и надежного соединения герконовых датчиков, резисторов и выпрямительных диодов. Эта печатная плата обеспечивает эффективную передачу сигналов между датчиками и процессором.

Микроконтроллер Arduino Uno служит центральным процессором системы. Он принимает цифровые сигналы, передаваемые магнитными герконами (напрямую или через печатную плату). Сдвиговый регистр используется для управления передачей сигналов нескольких датчиков на более крупных платах, что упрощает процесс для Arduino.

Код Arduino интерпретирует полученные данные, определяя конкретную шахматную фигуру, которая была перемещена, и ее новое положение на доске. Эти обработанные данные затем отправляются в программный компонент, работающий на компьютере.

Программа Python на компьютере устанавливает последовательное соединение с Arduino Uno с помощью библиотеки PySerial. Это соединение позволяет программному обеспечению получать данные, передаваемые Arduino, содержащие информацию о перемещенной шахматной фигуре и ее новом местоположении.

Преобразуя физические шахматные ходы в цифровые сигналы и передавая их для обработки и визуализации, система создает захватывающий мост между традиционной и цифровой сферами шахмат.

Предложения по улучшению в последних версиях

Текущий дизайн обеспечивает прочную основу для интерактивной шахматной доски. Вот несколько интересных возможностей для будущих итераций.

- Геймплей с голосовым управлением: благодаря использованию усовершенствованной системы обработки естественного языка (NLP) шахматная доска может управляться голосом. Игроки могли делать ходы, просто вызывая желаемые действия, что добавляло удобства и доступности.

- Интеграция приложений Android. Игра на шахматной доске может быть еще более улучшена путем разработки специального приложения для Android. Это приложение, подключающееся к системе через Bluetooth, может предлагать такие функции:

- ☐ История игр и инструменты анализа в реальном времени.
- ☐ Доступ к шахматным онлайн-сообществам и обучающим материалам.
- ☐ Многопользовательская функциональность для удаленных задач.

- Уникальные RFID-чипы для шахматных фигур. Внедрение уникальных RFID-чипов в каждую шахматную фигуру откроет новые возможности. Это может позволить системе:

- ☐ Автоматически идентифицировать и отслеживать движение каждой фигуры, устраняя необходимость в магнитных герконовых датчиках под каждым квадратом.
- ☐ Предлагать функции гандикапа, адаптируя сложность игры в зависимости от уровня навыков игрока или физических ограничений.

Предлагаемые улучшения направлены на повышение качества игры на шахматной доске за счет использования достижений в области технологий. Голосовое управление предложит более естественный способ взаимодействия с системой, а приложение для Android может расширить функциональные возможности и способствовать чувству общности. Наконец, уникальные чипы RFID могут упростить работу и добавить новые захватывающие возможности игрового процесса. Благодаря этим достижениям будущие версии шахматной доски могут стать еще более привлекательными и доступными для более широкого круга любителей шахмат.



Рисунок 6 – Предложения по улучшению в более поздних версиях (приложение для Android)

Выводы

В заключение мы достигли цели – разработать шахматный набор с использованием электронных схем и программного обеспечения Python для обучения игре в шахматы.

В этом документе представлены проектирование и разработка системы интерактивной электронной шахматной доски. Система использует стратегически

расположенные магнитные герконовые датчики под каждым квадратом для обнаружения движений шахматных фигур. Эти движения переводятся в цифровые сигналы, обрабатываемые микроконтроллером Arduino Uno. Обработанные данные затем передаются в программный компонент, работающий на компьютере, где они визуализируются как представление состояния шахматной доски в реальном времени. Такая конструкция имеет несколько ключевых преимуществ:

- **Оригинальность:** система сочетает в себе легкодоступные электронные компоненты и традиционную шахматную доску, создавая новый и увлекательный процесс обучения.

- **Преимущества:** интерактивная шахматная доска способствует развитию шахматных навыков, предоставляя игрокам:

- ☐ Визуальная обратная связь их движений в режиме реального времени на экране компьютера.

- ☐ Возможность сохранять и просматривать историю игр для анализа после игры.

- **Образовательные цели:** Визуализируя ходы на экране компьютера, система учитывает различные стили обучения, потенциально улучшает понимание ее игроком и принятие стратегических решений.

- **Приложения, выходящие за рамки традиционных шахмат:** хотя эта система предназначена для физических шахматных досок, основная концепция этой системы может быть адаптирована для различных приложений:

- ☐ Крупномасштабные шахматные мероприятия: на крупных шахматных турнирах или выставках, проводимых на стадионах, можно использовать большие экраны, отображающие в реальном времени цифровое представление игры, генерируемое этой системой, чтобы обеспечить четкое представление шахматной доски для зрителей, сидящих далеко. вдали от физической платы.

- ☐ Удаленный просмотр и анализ: система может быть адаптирована для удаленного просмотра шахматных партий, что позволяет энтузиастам следить за матчами и анализировать ходы в режиме реального времени из удаленного места.

- ☐ Интерактивные платформы обучения шахматам: основные технологии могут быть интегрированы в онлайн-платформы обучения шахматам, предлагая инструменты визуальной обратной связи и анализа игры для улучшения дистанционного обучения шахматам.



Рисунок 7 – Пример проекта

Этот проект демонстрирует возможность интеграции электронных компонентов в традиционную игру, такую, как шахматы. Получившаяся в результате интерактивная шахматная доска предлагает уникальную и потенциально полезную среду обучения для любителей шахмат всех возрастов и уровней подготовки. Будущие версии, включающие такие достижения, как голосовое управление, интеграцию мобильных приложений и шахматные фигуры, оснащенные RFID, обещают дальнейшее

обогащение опыта игры в шахматы и создание более инклюзивной и увлекательной среды обучения.

Выходя за рамки развлекательных приложений, эта система демонстрирует потенциал для использования в образовательных целях в шахматной индустрии. Реализация может значительно улучшить развитие стратегического мышления и шахматных навыков у будущих поколений.

Список использованных источников

1. Махмуд, Н. М. Недорогие электронные шахматы для шахматного турнира / Н. М. Махмуд [и др.] // материалы 7-го международного colloквиума IEEE по обработке сигналов и ее применениям / 2011. – С. 123–126.
2. Матушек, К. Гамбит: автономная роботизированная система для игры в шахматы / К. Матушек [и др.] // материалы Международной конференции IEEE по робототехнике и автоматизации / 2011. – С. 4291–4297.
3. Хан, А. М. Проектирование и разработка автономного шахматного робота / А. М. Хан, Р. Кесаван // Международный журнал инновационной науки, техники и технологий (IJSET). – 2014. – № 1 (1). – С. 1–4,
4. Каур, Г. Проектирование и реализация шахматного противника на базе микроконтроллера с искусственным интеллектом / Г. Каур, А. К. Ядав, В. Ананд // материалы Всемирного инженерного конгресса / 2010.
5. Пискорец, М. Система компьютерного зрения для реконструкции шахматной игры. МИПРО / М. Пискорец [и др.] // материалы 34-й Международной конвенции / 2011 г. – С. 870–876.
6. Конгкарн, В. Схема применения интеллектуального агента для мониторинга, интерпретации и сообщения о риске зависимости от компьютерных онлайн-игр у детей и подростков / В. Конгкарн, С. Сукри // материалы Международной конференции IEEEEMBS по биомедицинской и медицинской информатике / ??? 2012. – С. 372–375.
7. Дас, С. Типы печатных плат | Различные типы печатных плат (PCB) [Электронный ресурс] // Электроника и вы. – Режим доступа :<http://www.electronicandyou.com/blog/types-of-pcb-различные-типы-ofprintedcircuit-board-pcb.html>. Дата доступа: 27.11.2019.
8. Developer.amazon.com. (2019) [Электронный ресурс] // учебник по Python: учитесь с помощью нашего руководства по программированию на Alexa Python. – Режим доступа: <https://developer.amazon.com/enUS/alexa/alexa-skills-kit/resources/training-resources/alexa-skill-python-tutorial>. Дата доступа: 27.11.2019.

Пардаев О. Н., Исаков Б. У., Махмудов С. А.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ТЕПЛОЗАЩИТА (ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ) СТЕН ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ СУХОЖАРКОГО КЛИМАТА УЗБЕКИСТАНА.

Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций. Пардаев О. Н. – к.т.н., доцент, Исаков Б. У. – преподаватель

Аннотация. Анализ теплотехнических свойств и теплозащита кирпичных стен и стен из ячеистых бетонов жилых зданий, эксплуатируемых в Ташкенте. Разработка состава нового автоклавного базальтогазобетона.

Ключевые слова. Энергоэффективность, энергосбережение, теплоизоляция, природное базальтовое волокно, автоклавный газобетон, автоклавный базальтогазобетон.

Введение. Несмотря на профилактические мероприятия по энергосбережению, причин потери тепла в доме несколько, и каждая из них может быть если не полностью, то хотя бы частично устранена. Также основной причиной теплопотери жилых домов является проводимость ограждающих конструкций. Поскольку дом построен на холодной земле, то, вследствие теплопроводности, тепловые потоки уходят в почву в виде конвекции. При включенном отоплении стены и крыша изнутри становятся теплыми. В результате действия теплового потока теплый воздух перемещается внутри помещения по наружной поверхности стен и крыши. При этом окружающая их атмосфера, будучи более холодной, нагревается за счет них и отбирает часть тепла, унося его вверх. Теплопроводность стройматериалов и разница между температурами в доме и на улице — два главных фактора, влияющих на потери домом тепла. При этом основные потери тепла происходят через ограждающие конструкции дома: на долю стен приходится 35 % теплопотерь, на крышу – 25 %, через подвальное перекрытие и всевозможные щели – по 15 %, через окна – 10 %. Таким образом, можно сказать, что энергоэффективность достигается за счет последовательного проведения энергообследований зданий, реализации выбранных энергосберегающих мероприятий, оценки достигнутых эффектов.

В данной статье рассматриваются теплотехнические свойства кирпичных стен и стен из неавтоклавного и автоклавного газобетона с использованием природного базальтового волокна. В связи увеличением стоимости энергоресурсов возник устойчивый интерес теплоизоляционным материалам. Плотность и пористость являются важнейшими характеристиками, определяющими его теплотехнические свойства. В данной работе исследован экспериментальный состав автоклавного газобетона с использованием природного базальтового волокна. Рассмотрим теплотехнические свойства автоклавного газобетона, пенобетона и полнотелого кирпича в таблице 1.

Новый легкий автоклавный газобетон включает в себя внутреннее армирование при помощи природного базальтового волокна. Основными недостатками автоклавного газобетона являются его низкая прочность и образование трещин. Для устранения этого недостатка наиболее эффективным способом повышения устойчивости к образованиям трещин является армирование их тела базальтовым волокном в количестве 20 % от общей массы раствора.

Таблица 1. Сравнение теплотехнических свойств автоклавных газобетона, пенобетона и полнотелого кирпича

Параметр	Газобетон	Пенобетон	Кирпич полнотелый
Коэффициент теплопроводности Вт/м*С	0,15–0,19	0,2–0,38	0,6–0,7
Плотность, кг/м ³	400–800	400–1200	1600–1900
Марка по плотности	D350–D700	D400–D1200	M75–M300
Класс прочности			
Коэффициент Паронепроницаемости, мг/м*ч*Па	0,2	0,2	0,11
Водопоглощение, % от массы	20–25	10–16	6
Морозостойкость, не менее циклов	50	25	25–50
Средняя толщина однослойной стены, м	0,4	0,63	0,4
Звукоизоляция	хуже	лучше	лучше
Внешний вид	лучше	хуже	лучше
Средняя стоимость	720000сум/м ³	500000сум/м ³	400000сум/м ³

Целью работы является изучение влияния природного базальтового волокна на уменьшение деформации усадки, а также улучшение теплотехнических свойств автоклавного газобетона. В качестве основных наполнителей для изготовления автоклавного газобетона цемент М-500, природное базальтовое волокно, алюминиевая пудра, пластификатор для бетона С-10, вода. Для повышения плотности ячеек в теле газобетона использовали в качестве наполнителя нефтеперерабатывающий отход арелалкендиновую смолу.

В таблице 2 представлен химический состав природного базальтового волокна.

Таблица 2. Химический состав природного базальтового волокна

Оксид	CO ₂	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
Содержание по массе, %	1,5	1,60	9,08	11,10	53,71	0,60	0,50	12,98	1,17	7,80

Гранулометрический состав базальтового волокна представлен частицами от 1,0 до 2,5 мм, полученными при обработке, которые применялись в качестве армирующего компонента базальтогазобетона. Базальтовое волокно представляет собой волокна толщиной от 1,0 до 2,5 мм, длиной 2–8 мм. Для изготовления газобетонной смеси все компоненты дозировались в соответствии с программой исследования. Если диаметр расплыва теста был менее 28 см, в раствор добавляли воды и химически активную добавку С-10, после чего испытание повторялись. Если расплыв в пределах 28–30 см, то раствор формуется при помощи вибрации. Перемешивание осуществлялось в течение 5 мин, после чего полусухую готовую смесь смешивали в подогретую до 50° С воду и перемешивали с помощью пропеллерной мешалки при 150–180 об/мин в течение 2 мин. Приготовленную базальтогазобетонную смесь заливали в формы-

тройчатки 10 x 10 x 10 см, предварительно разогретые до температуры 60–65° С. Базальтогазобетонная смесь в формах вспучивалась в течение 20 мин. Горбушка срезалась металлической струной через 3 часа после заливки смеси в формы. Результаты для оптимизации состава газобетона был проведен четырехфакторный планированный эксперимент на трех уровнях варьирования типа В4. В качестве факторов варьирования были приняты В/Т (вода/твердой массы) отношение и содержание химически активных компонентов.

Таблица 3. Теплотехнические свойства базальтового волокна

Показатель	Единица измерения	Значение
Теплопроводность при температуре (283°K)	Вт/м°K	0,035
Прочность на сжатии при 10 % относительной деформации, не менее	кПа	10
Содержание органических веществ, не более	% по массе	4
Влажность, не более	% по массе	0,5
Паропроницаемость	мг/м*ч*Па	0,3
Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, не более	кг/м ²	1
Группа горючести	-	НГ

Таблица 4.

Цемент, кг	Базальтовое волокно, кг	Алюминиевая пудра, г	Пластификатор, С-10, кг	Вода, л
25	25	55	0.2	30

Для определения оптимального содержания базальтового волокна выполняли однофакторный эксперимент с варьированием содержания базальтового волокна в интервале от 10 до 20 %. В таблице 5 показана зависимость теплотехнических свойств в зависимости от концентрации базальтового волокна.

Таблица 5. Результаты эксперимента автоклавного базальтогазобетона

№	Содержание Базальтового Волокна, %	Время вспучивания, мин	Коэффициент паропроницаемости, мг/м*ч*Па	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент Теплопроводности Вт/м*С
1	10	10	0.16	450	0.1
2	13	12	0.12	440	0.08
3	16	14	0.10	435	0.07
4	20	16	0.9	415	0.55

Выводы: Разработан состав нового автоклавного базальтогазобетона. Включение в состав раствора природного базальтового волокна согласно таблицы 5 значительно увеличивает теплотехнические свойства материала. Наряду с

теплотехническими свойствами материала улучшаются также физико-механические свойства материала, такие как твердость и устойчивость к деформации. Также улучшаются такие параметры, как паропроницаемость, морозостойкость, влагостойкость, долговечность, устойчивость к бактериям. Можно с уверенностью сказать, что новый состав пригоден к эксплуатации в условиях сухожаркого климата Узбекистана.

Список использованных источников

1. Азизов, П. Солдатов Е. Архитектурно строительные средства повышения тепловой эффективности гражданских зданий. / П. Азизов, Е. Солдатов / – Ташкент : Узбекистан, 1994.
2. Зарубина, Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений / Л. П. Зарубина – М. : ИДПО «Атомпроф», – 2008. – 240 с.
3. Баженов, Ю. М. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности / Ю. М. Баженов [и др.] – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, – 2008. – 320 с.
4. Пардаев, О. Н. Мелкозернистые бетоны на основе барханных песков с химическими добавками : дис. ... канд. техн. наук / О. Н. Пардаев. – Москва, 1988.
5. Бужевич, Г. А. Легкие бетоны на пористых заполнителях / Г. А. Бужевич / – М. : Стройиздат, 1970.

УДК 681.5+621.52

Прокопеня О. Н., Прожижко О. Г., Олех А. Г., Лапука А. С.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Брестский государственный технический университет. Прокопеня О. Н. – заведующий кафедрой АТПиП, к.т.н., доцент, Прожижко О. Г. – аспирант, Олех А. Г. – старший преподаватель, Лапука А. С. – старший преподаватель.

Приводы постоянного тока широко применяются в станках и промышленных роботах. Их работа характеризуется частыми пусками и торможениями, во время которых происходит рост тока и, как следствие, имеют место повышенные потери энергии в якорной обмотке. Поэтому для данных приводов является актуальной задача снижения потерь.

Ранее была решена задача построения оптимального привода с регулируемой скоростью [1, 2] на основе решения задачи аналитического конструирования регулятора [3]. В результате получены аналитические зависимости для расчета оптимальных значений коэффициентов обратной связи по скорости и току двигателя

$$k_1 = \frac{1}{k_y} \left(\sqrt{c_e^2 + k_y^2 q_{11} / r} - c_e \right), \quad (1)$$

$$k_2 = \frac{R_{\text{я}}}{k_{\text{У}}} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2c_{\text{М}} L_{\text{я}} k_{\text{У}}}{J_{\text{ПП}} R_{\text{я}}^2} \cdot k_1 + \frac{k_{\text{У}}^2}{R_{\text{я}}^2} \frac{q_{22}}{r}} \right), \quad (2)$$

где $k_{\text{У}}$ – коэффициент передачи силового преобразователя;
 $c_{\text{е}}$ и $c_{\text{М}}$ – постоянные коэффициенты, зависящие от конструктивных параметров двигателя.

$R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной обмотки двигателя;

$J_{\text{ПП}}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции привода;

$L_{\text{я}}$ – индуктивность якорной обмотки двигателя;

q_{11} , q_{22} и r – элементы матриц Q и R , входящих в критерий оптимизации.

Данные матрицы имеют вид

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & 0 \\ 0 & q_{22} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$R = [r] \quad (4)$$

При этом матрица Q позволяет воздействовать на показатели качества переходного процесса, а матрица R на затраты энергии на регулирование. Из (1) и (2) следует, что важны не абсолютные значения элементов матриц, а соотношения q_{11}/r , q_{22}/r . Это позволяет при расчете принимать, например $r=1$, и изменять q_{11} , q_{22} . В результате проведенного анализа [1] было выявлено, что снижение потерь в приводе вызывает уменьшение q_{11} и увеличение q_{22} при неизменном r . Соответственно, это сопровождается уменьшением k_1 и увеличением k_2 . Результаты были получены для одного типоразмера двигателя 2ПБ112М мощностью 0,75 кВт, поэтому представляет интерес, насколько они применимы для других типоразмеров двигателей.

Последующий анализ был выполнен с использованием (1), (2) и математической модели, представленной на рисунке 1, которая позволяет определять потери в приводе.

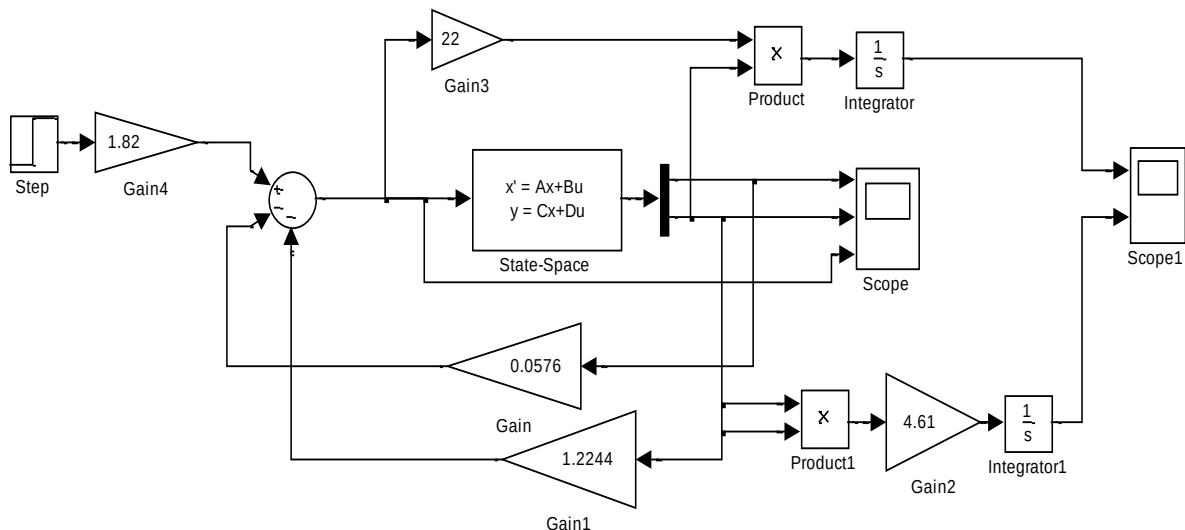


Рисунок 1 – Математическая модель привода в приложении Simulink.

Было исследовано влияние постоянной $c_{\text{е}}$, которая зависит от числа пар полюсов и существенно изменяется даже в пределах одного типоразмера двигателя, на коэффициенты k_1 , k_2 . Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета для двигателя 2ПБ112М.

$P_H, \text{кВт}$	0,34	0,45	0,75	1,1	1,4
c_e	2,390	1,763	1,274	0,890	0,665
k_1	0,3515	0,3742	0,3930	0,4086	0,4170
k_2	0,3741	0,3568	0,3609	0,3829	0,4032

Оба коэффициента увеличиваются по мере уменьшения c_e , но это увеличение не столь значительно. Для двигателя максимальной мощности из данной серии (2ПБ180М, 12 кВт) при тех же значениях матриц Q и R коэффициенты $k_1=0,420$; $k_2=0,446$. Таким образом, при неизменных значениях матриц Q и R значения k_1, k_2 располагаются в довольно узком диапазоне, что можно учитывать при настройке привода.

Особенностью приводов промышленных роботов, манипулирующих объектами различной массы, является то, что приведенный момент инерции привода может изменяться в довольно широких пределах. Результаты анализа влияния приведенного момента инерции на настройки привода и потери энергии для двигателя 2ПБ112М (0,75 кВт) приведены в таблицах 2-4. Приведенный момент инерции изменялся кратно моменту инерции ротора J_P .

Таблица 2. Влияние приведенного момента инерции на настройки привода.

$J_{\text{пр}}$	J_P	$2J_P$	$4J_P$	$10J_P$
k_1	0,9437	0,9437	0,9437	0,9437
k_2	0,9053	0,8598	0,8362	0,8219

Десятикратное увеличение момента инерции приводит к снижению k_2 в пределах 10%. Вследствие этого, построение адаптивного привода, в котором k_2 перестраивается в зависимости от $J_{\text{пр}}$, может показаться неоправданным. Поэтому было оценено влияние изменения момента инерции на величину потерь при фиксированных настройках привода на минимальный и максимальный момент инерции. Результаты приведены в таблицах 3-4.

Таблица 3. Зависимость потерь от приведенного момента инерции при настройке привода на $J_{\text{пр}}=J_P$ ($k_1=0,9437$; $k_2=0,9053$)

$J_{\text{пр}}$	J_P	$2J_P$	$4J_P$	$10J_P$
$t_P, \text{с}$	0,055	0,115	0,230	0,590
$\Delta P, \text{Дж}$	276	552	1105	2761

Таблица 4. Зависимость потерь от приведенного момента инерции при настройке привода на $J_{\text{пр}}=10J_P$ ($k_1=0,9437$; $k_2=0,8219$).

$J_{\text{пр}}$	J_P	$2J_P$	$4J_P$	$10J_P$
$t_P, \text{с}$	0,050	0,105	0,220	0,540
$\Delta P, \text{Дж}$	298	597	1194	2984

Полученные результаты показывают, что при любой настройке величина потерь строго пропорциональна приведенному моменту инерции. В то же время, при настройке на максимальный момент инерции величина потерь на 8% выше. Поэтому, целесообразно выполнять настройку привода (вычислять оптимальные значения k_1, k_2)

на минимальное значение момента инерции. Применять адаптивное управление в данном случае не целесообразно.

Следует также отметить, что во всех случаях снижение потерь сопровождается практически пропорциональным увеличением длительности переходного процесса (времени регулирования). Поэтому максимально допустимое время регулирования фактически является тем фактором, который ограничивает возможность дальнейшего снижения потерь, хотя это можно осуществить за счет изменения значения матрицы Q .

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод, что оптимальный регулируемый по скорости привод постоянного тока с минимальным энергопотреблением может быть построен инженерным методом с использованием зависимостей (1), (2) и рекомендаций по выбору матриц Q и R , изложенных в [1].

Список использованных источников

1. Оптимизация привода постоянного тока с регулируемой скоростью. О. Н. Прокопеня, Л. И. Вабищевич, А. В. Францевич, О. Г. Прожижко, А. С. Лапука // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2023. – № 2. – С. 93–96.
2. Оптимальный электропривод постоянного тока. П. Д. Супрунчук, О. Н. Прокопеня, О. Г. Прожижко // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : сборник статей / Брестский государственный технический университет – Брест : Издательство БрГТУ, 2021. – С. 20–25.
3. Солодовников, В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.

УДК 697.91

Пухкал В. А., Петров М. М.

ОБМЕРЗАНИЕ ИСПАРИТЕЛЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫХ УСТАНОВКАХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции. Пухкал В. А. – к. т. н., доцент, Петров М. М. – аспирант

Аннотация

В статье рассмотрены приточно-вытяжные вентиляционные установки со встроенными утилизаторами теплоты и тепловыми насосами. Такая комбинация позволяет обеспечить максимальную эффективность утилизации теплоты удаляемого вентиляционного воздуха.

Рассмотрена компоновка установки в составе компрессорно-конденсаторного агрегата за теплоутилизатором в канале приточного воздуха и с расположением испарителя за теплоутилизатором в канале удаляемого воздуха по направлению движения воздушного потока.

Определены условия инееобразования на поверхности испарителя теплового насоса для разработки мероприятий по оттайке поверхности при проектировании установок.

Ключевые слова: системы вентиляции, приточно-вытяжные установки, воздушный тепловой насос, обледенение испарителя.

Введение

Воздушные тепловые насосы, встроенные в конструкцию приточно-вытяжных вентиляционных установок, являются перспективными теплоутилизационными устройствами с высокой эффективностью и экологичностью [1–11].

В работах [7, 8] выделены две основные компоновки тепловых насосов по расположению элементов (компрессора, конденсатора и испарителя) в приточно-вытяжных установках с утилизаторами теплоты удаляемого вентиляционного воздуха. Для анализа принята компоновка 1 [8, 9]: компрессорно-конденсаторный агрегат расположен за теплоутилизатором в канале приточного воздуха; испаритель находится за теплоутилизатором в канале удаляемого воздуха по направлению движения воздушного потока.

При компоновке 1 испаритель, размещенный после пластинчатого утилизатора теплоты по ходу движения внутреннего воздуха в установке, в холодный период года обмерзает.

Иней осаждается на поверхности ребер и трубок испарителя, когда температура поверхности ниже температуры точки росы воздуха и температуры замерзания воды. Отложившийся иней уменьшает проходное сечение для воздуха и увеличивает потери на трение, что приводит к снижению расхода воздуха. Кроме того, слой инея увеличивает термическое сопротивление поверхности ребер. Эти нежелательные факторы вызывают снижение теплопроизводительности теплонасосной системы в условиях обледенения [5]. Для восстановления производительности теплового насоса необходимы периодические работы по размораживанию.

При проектировании приточно-вытяжных установок для разработки методов оттайки испарителей важно прогнозировать условия, при которых будет наблюдаться обледенение.

Материалы и методы

Исследованию методов снижения степени обледенения и оттайки испарителей тепловых насосов посвящено значительное число работ, обзор которых приведен в [3]. Однако условия, при которых наблюдается обмерзание, не определены.

Для оценки условий обмерзания построен процесс изменения состояния наружного и удаляемого воздуха в приточно-вытяжной установке с пластинчатым утилизатором теплоты и тепловым насосом на I-d-диаграмме по данным [7, 8] (рисунок 1).

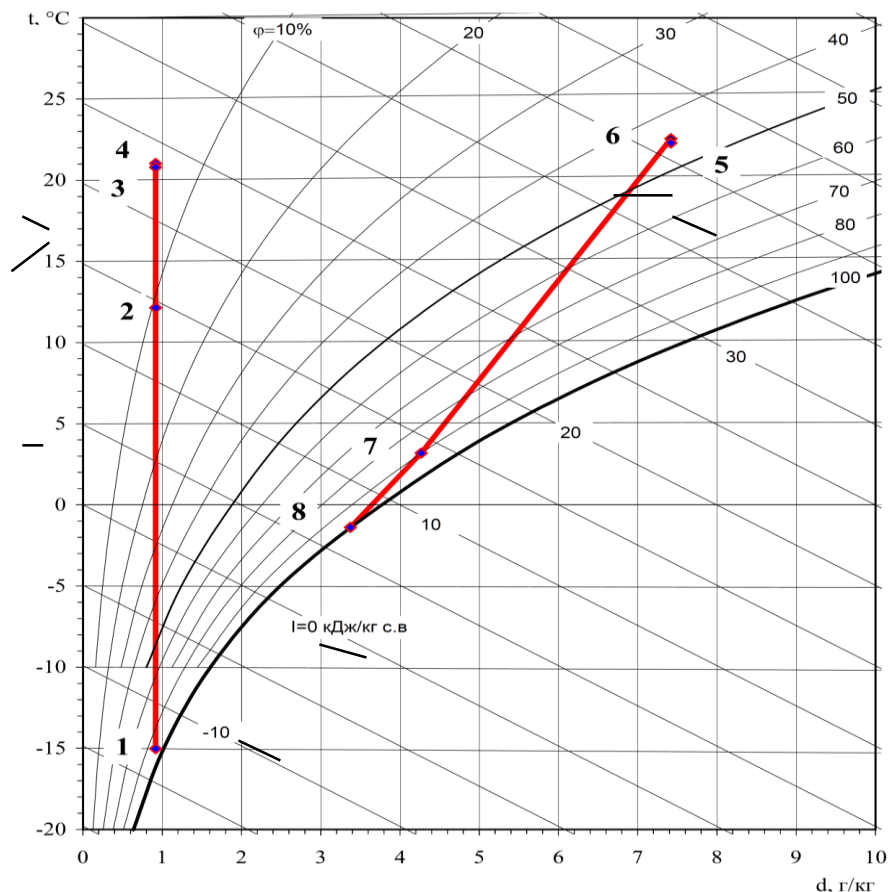
Для оценки условий обледенения поверхности испарителя теплового насоса на основании данных [11] построена пограничная кривая, позволяющая определить области переохлажденных капель воды и инея (рисунок 2).

Граничная кривая может быть описана следующей зависимостью:

$$\Delta d = 0,197 \cdot t_n^2 + 3,573 \cdot t_n + 16,828, \text{ г/кг},$$

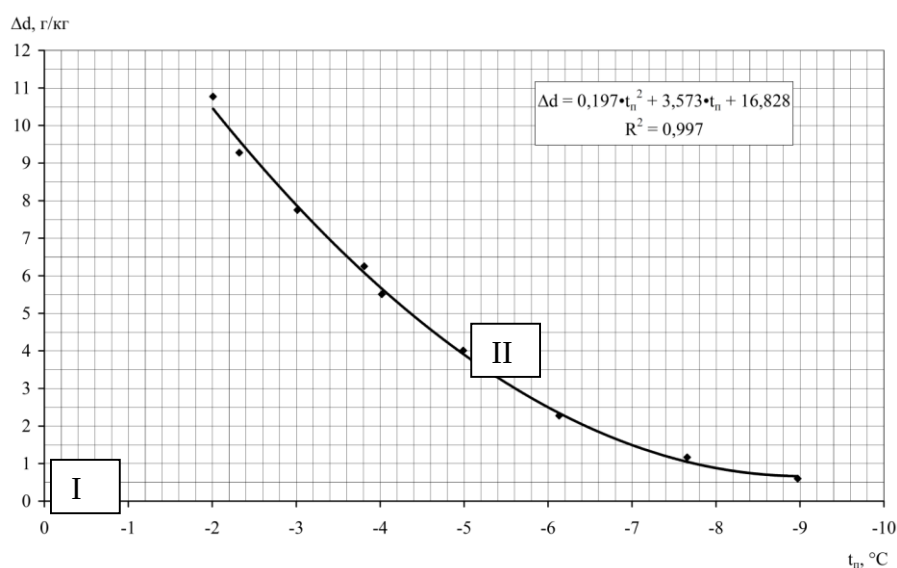
где $\Delta d = d_{\text{вх}} - d_n$ – разность влагосодержаний воздуха на входе в испаритель, $d_{\text{вх}}$, г/кг, и в состоянии насыщения при t_n – d_n , г/кг;

t_n – температура поверхности трубок испарителя, °C.



1 – точка наружного воздуха; 4 – точка приточного воздуха; 5 – точка внутреннего воздуха; 8 – точка удаляемого воздуха; 1–2 – процесс нагрева наружного воздуха в пластинчатом утилизаторе теплоты; 2–3 – процесс нагрева воздуха в компрессорно-конденсаторном агрегате теплового насоса; 3–4 – подогрев воздуха в приточном вентиляторе; 5–6 – подогрев внутреннего воздуха в вытяжном вентиляторе; 6–7 – политропический процесс в пластинчатом утилизаторе теплоты; 7–8 – политропический процесс в испарителе теплового насоса

Рисунок 1 – Процессы изменения состояния наружного и внутреннего воздуха в приточно-вытяжной установке с пластинчатым перекрестноточным утилизатором теплоты и тепловым насосом



1 – область переохлажденных капель воды; II – область инея на поверхности испарителя

Рисунок 2 – Влияние температуры поверхности и влагосодержания воздуха на инееобразование

Результаты и обсуждения

Данные на рисунке 3 позволяют оценить условия инееобразования на поверхности испарителя. Например, при температуре на поверхности испарителя, равной температуре кипения хладагента, $t_0 = -8,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, для условий рассматриваемого примера [7, 8] разность влагосодержаний – $\Delta d = 2,42\text{ г/кг}$. Точка пересечения находится в области инееобразования. Соответственно, необходимо предусмотреть меры по оттайке поверхности испарителя при эксплуатации. Или повысить температуру кипения хладагента до минус $6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Заключение

Определены условия инееобразования на поверхности испарителя теплового насоса, интегрированного в приточно-вытяжную вентиляционную установку. Полученные данные позволяет предусмотреть мероприятия по оттайке поверхности или предотвращению обмерзания.

Список использованных источников

1. Васильев, Г. П. Приточно-вытяжная вентиляционная установка с теплонасосной рекуперацией тепла вентиляционных выбросов / Г. П. Васильев [и др.] // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2012. – № 6. – С. 14–21.
2. Володин, В. И. Энергетическая эффективность теплового насоса «воздух – воздух» / В. И. Володин, В. Б. Кунтыш, С. О. Филатов // труды БГТУ. № 3. Химия и технология неорганических веществ. – 2015. – № 3(176). – С. 145–151.
3. Гаранов, С. А. Обзор методов снижения степени обледенения и оттайки испарителей тепловых насосов / С. А. Гаранов, Д. Ю. Заболотный, К. В. Протопопов // Холодильная техника. – 2016. – Т. 105, № 12. – С. 28–35.
4. Дискин, М. Е. Эффективность рекуперации теплоты в системах вентиляции при температурах наружного воздуха ниже температуры опасности обмерзания / М. Е. Дискин // АВОК. – 2006. – № 4. – С. 8–11.
5. Здитовецкая, С. В. Утилизация теплоты в системе приточно-вытяжной вентиляции с использованием теплового насоса / С. В. Здитовецкая, В. И. Володин // труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 3. Химия и технология неорганических веществ. – 2009. – Т. 1, № 3. – С. 171–173.
6. Ильина, Т. Н. Эффективность работы воздушных тепловых насосов с испарителями различных конструкций / Т. Н. Ильина, П. А. Орлов, А. О. Ечина // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2023. – 27 (2). – С. 62–74. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2023-27-2-62-74> (дата обращения: 05.04.2024).
7. Пухкал, В. А. Утилизация теплоты в приточно-вытяжных установках с тепловым насосом / В. А. Пухкал, М. М. Петров // Эффективность инженерных систем и энергосбережение: сборник статей международной научно-практической конференции, Брест, 19–20 октября 2023 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Брестский гос. техн. ун-т; под ред. В. Г. Новосельцева [и др.]. – Брест : Издательство БрГТУ, 2023. – С. 92–100.
8. Пухкал В.А., Петров М.М. Энергоэффективность приточно-вытяжных установок со встроенным тепловым насосом. Строительство и техногенная безопасность. Специальный выпуск. / В. А. Пухкал, М. М. Петров // материалы VI международной научно-практической конференции Методология безопасности среды жизнедеятельности 2023. – 2023, № S1 – С. 294–299.

9. Шелгинский, А. Я. Анализ применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения / А. Я. Шелгинский, И. В. Яковлев // Вестник МЭИ. Энергетика. – 2018. – № 2. – С. 42–52.
10. Air handling unit with an integrated heat pump. Mandik. - URL: <https://scottair.ro/wp-content/uploads/2021/05/3-Centrale-de-tratare-aer-cu-grup-de-compresor-condesator-inclus-Mandik.pdf> (дата обращения: 05.04.2024).
11. Deyae Badri, Cyril Toubanc, Olivier Rouaud, Michel Havet. Review on frosting, defrosting and frost management techniques in industrial food freezers. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021, 151. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111545> (дата обращения: 05.04.2024).

Савчук Т. П.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В БЕЛАРУСИ

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

Главной проблемой существующего мирового энергобаланса является то, что почти две трети электроэнергии производится за счет сжигания углеводородов, что сопровождается выбросами углекислого газа. Это приводит к негативным экологическим изменениям, глобальному потеплению, лесным пожарам, ураганам, засухам и таянию мерзлоты.

28-я Конференция сторон ООН по изменению климата (COP28), которая проходила с 30 ноября по 12 декабря 2023 г. в Объединенных Арабских Эмиратах, в Дубае, завершилась принятием Глобального отчета.

В тексте соглашения говорится: стороны признают, что ограничение глобального потепления до 1,5° С «при отсутствии или ограничении перерасхода требует глубокого, быстрого и устойчивого сокращения глобальных выбросов парниковых газов на 43 % к 2030 г. и на 60 % к 2035 г., по сравнению с уровнем 2019 года, и достижения чистого нулевого уровня выбросов углекислого газа к 2050 г.» [2].

Соглашение призывает стороны внести вклад в глобальные усилия, действуя на национальном уровне, с учетом Парижского соглашения и различных национальных условий, путей и подходов.

Оно призывает отказаться от использования ископаемого топлива в энергетических системах справедливым, упорядоченным и равноправным образом, ускорив действия в это критическое десятилетие, чтобы достичь нулевого уровня к 2050 г. в соответствии с научными данными. Кроме того, в документе подчеркивается, что необходимо ускорить развитие технологий с нулевым и низким уровнем выбросов, включая, в частности, возобновляемые источники энергии, ядерную энергетику, технологии борьбы с выбросами и их устранения, такие, как улавливание, утилизация и хранение углерода, особенно в сложных для снижения выбросов секторах, а также производство низкоуглеродного водорода.

Представители ООН по изменению климата заявили, что соглашение свидетельствует о начале конца эры ископаемого топлива, закладывая основу для быстрого, справедливого и равноправного перехода, подкрепленного глубоким

сокращением выбросов и расширением финансирования. Всемирная ядерная ассоциация заявила, что впервые атомная энергия была официально указана в качестве одного из решений проблемы изменения климата в соглашении COP [2].

Республика Беларусь вошла в число стран, развивающих атомную энергетику. Еще в 1965 г. в Институте ядерной энергетики в г. п. Сосны был построен исследовательский атомный реактор, здесь же белорусские ученые разработали первую в СССР передвижную атомную энергетическую установку.

Вопрос о строительстве АЭС рассматривался 1 декабря 2006 г. на совещании по вопросам повышения энергетической безопасности Беларуси. С тех пор для страны, имеющей динамичную экономику и в то же время испытывавшей нехватку собственных топливно-энергетических ресурсов, развитие ядерной энергетики приобрело стратегическое значение [3].

В 2013 г. был дан старт строительству Белорусской атомной электростанции (БелАЭС) около г. Островец Гродненской области. Первый энергоблок был введен в промышленную эксплуатацию в июне 2021 г., а в ноябре 2023 г. был подписан акт приемки в эксплуатацию пускового комплекса второго энергоблока БелАЭС.

Для Беларуси атомные технологии – это намного больше, чем просто электричество. Это новые рабочие места, ядерная медицина, качественный рывок для сельского хозяйства, доступ к чистой воде и др. Кроме того, строительство АЭС способствует экономическому и социальному развитию региона размещения, повышению уровня жизни населения [1].

Создание условий для увеличения энергопотребления – ключевая задача. По предварительным оценкам, к 2030 г. потребление электроэнергии в стране достигнет 47 миллиардов кВт·ч. Для примера, в 2020 г. этот показатель составлял 38 миллиардов.

Жилые дома, где для отопления, подогрева воды и приготовления пищи используется исключительно электрическая энергия, стали трендом в строительстве. Такое жилье регулярно вводится в эксплуатацию по всей стране. Популярность электродомов растет и у индивидуальных застройщиков. Этому способствовали в том числе целенаправленные меры со стороны государства: указы об упрощении строительства и приемки в эксплуатацию индивидуальных построек. За 2022 г. было возведено около 300 тысяч квадратных метров такого жилья.

Атомная энергетика в Беларуси открывает новые возможности и для развития электротранспорта. Первый отечественный электробус (гибрид троллейбуса и автобуса) появился на столичных улицах в 2017 г. Экологичные модели имеют пока сравнительно небольшой запас автономного хода – около 20 километров. Но этого вполне достаточно для просчитанных городских маршрутов. На экспресс-зарядку требуется всего 5–8 минут. Электробусы не нуждаются в контактных сетях, строительство которых обходится государству дорого [3].

В последнее время преимущества электротранспорта оценили и автолюбители. Его распространению содействуют стимулирующие меры, принятые на уровне Главы государства, а также проводимая в стране работа по развитию соответствующей инфраструктуры.

До 2025 г. супербыстрые зарядные станции для электромобилей появятся во всех областных городах и на трассе М1. Кроме того, зарядная инфраструктура Беларуси была признана лидером на международном экологическом конкурсе «Зеленая Евразия» среди стран ЕАЭС. Наиболее выделяющимся проектом стал отечественный супербыстрый комплекс, в котором реализованы все современные тренды: система накопления электрической энергии, пантограф для рейсового электробуса, а также

возможность пополнить запас хода электромобиля на 300 километров всего за 10 минут [3].

Необходимо подчеркнуть, что сегодня в республике сформирована национальная система подготовки кадров, необходимая для обеспечения ядерной энергетики высококвалифицированными специалистами, а также для дальнейшего поддержания соответствующего уровня знаний для безопасной, надежной и эффективной эксплуатации АЭС.

Акцент в системе подготовки кадров сделан на подготовку национальных кадров. Сразу после принятия решения о строительстве АЭС в 2008 г. приняли Государственную программу подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2008–2020 гг. [4].

Объемы и уровень подготовки выпускников учреждений высшего образования в полном объеме удовлетворяют потребности и требования к квалификации специалистов Белорусской АЭС и ядерной энергетики республики в целом.

В настоящее время сформирован эксплуатационный персонал Белорусской АЭС. Вместе с тем, эксплуатация Белорусской АЭС будет осуществляться более 50 лет, в связи с чем потребуется ежегодное пополнение эксплуатационного персонала АЭС, и работников, обслуживающих инфраструктуру ядерной энергетики. Поэтому подготовка специалистов по специальностям для ядерной энергетики будет продолжена [4].

В целом, для Беларуси АЭС – это основа энергетической независимости, возможность внедрения передовых технических решений в энергетике, промышленности и других отраслях экономики.

Список использованных источников

1. Атомная энергетика: выгоды и перспективы // БЕЛТА – новости Беларуси [Электронный ресурс]. – 1999–2023. – Режим доступа: <https://www.belta.by/onlineconference/view/atomnaja-energetika-vygody-i-per-spektiv-1412/>. – Дата доступа: 29.03.2024.
2. ООН впервые на COP28 признала актуальную роль ядерных технологий в достижении глобальных целей декарбонизации [Электронный ресурс] // Научно-деловой портал «Атомная энергия 2.0»– 2008–2024. – Режим доступа: <https://www.atomic-energy.ru/news/2023/12/18/141580>. – Дата доступа: 29.03.2024.
3. Развитие атомной энергетики в Беларуси расширяет возможности использования электроэнергии [Электронный ресурс] // Беларусь сегодня – 1998–2024. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/kilovattam-nakhodyat-novoe-primenenie.html>. – Дата доступа: 29.03.2024.
4. Ядерная энергетика как сфера будущей деятельности [Электронный ресурс]. // М-во образования Респ. Беларусь – 2011–2024. – Режим доступа: <https://edu.gov.by/news/yadernaya-energetika-kak-sfera-budushchey-deyatelnosti/>. – Дата доступа: 29.03.2024.

Семичева Н. Е., Зайцев О. Н., Меннанов Э. М.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВУХТРУБНОЙ ВОДЯНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*Юго-Западный государственный университет, Семичева Н. Е. – к. т. н., доцент,
заведующая кафедрой инфраструктурных энергетических систем, Зайцев О. Н. –
д. т. н., профессор кафедры инфраструктурных энергетических систем,*

*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Меннанов Э. М. –
заведующий лабораторией академии строительства и архитектуры*

Актуальность

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – одна из наиболее важных задач экономической политики каждого государства. В Российской Федерации этому вопросу уделяется особенно большое внимание в связи с удорожанием добычи энергоресурсов.

Целью настоящей работы является усовершенствование работы централизованной системы теплоснабжения путем снижения затрат топливно-энергетических ресурсов в процессе оптимального регулирования параметров источников тепловой энергии.

Основные задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

- формализация и математическая постановка общей задачи оптимального управления централизованной системой теплоснабжения при ступенчатом изменении нагрузки на источнике тепловой энергии; декомпозиция этой задачи и создание структур локальных оптимизационных задач на разных иерархических уровнях;
- разработка математической модели энергогенерирующего оборудования и сетей, включая выбор целевых функций, системы ограничений и методов оптимизации.

Методы исследования: в работе используются методы системного анализа, методы численного анализа (в частности, методы нелинейного математического программирования), методы математической обработки результатов численного и натурального экспериментов.

Научная новизна работы заключается в следующем: на базе результатов натурного и численного экспериментов с применением современных методов аппроксимации впервые разработана единая математическая модель функционирования сложной системы производства и транспорта тепловой энергии, позволяющая оценить ее функциональные характеристики в зависимости от конфигурации и параметров управления с учетом времени транспортного запаздывания.

Практическая ценность работы: разработана комплексная методика для рационального управления центральной системой теплоснабжения в режиме реального времени и методика составления «атласов» режимных карт, которая позволяет учитывать и компенсировать «перетопы» и «недотопы», вызванные динамическими процессами в системе теплоснабжения.

Основная часть исследований

Отсутствие учета переходных процессов приводит к существенным «перетопам» и «недотопам» в СТ и большим дополнительным потерям. Избежать их – задача расчета нагрузки на котельную, обеспечивающей подведение комфортного количества

теплоты $Q_{\text{комф}}^T$ в течение периода регулирования T , следующего после изменения $t_{\text{нв}}$ от $t_{\text{нв},0}$ до $t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}}$ (с учетом времени транспортного запаздывания теплоносителя) [1–3].

В качестве примера рассматриваются система теплоснабжения из котельной и 4-х ответвлений тупиковой схемы.

Для решения поставленной задачи выполнен расчет нагрузки на котельную $Q = Q_{\text{ср}}^T$, обеспечивающей введение в систему комфортного количества теплоты $\overline{Q_{\text{комф}}^T}$ в течении периода регулирования T , следующего после изменения $t_{\text{нв}}$ от $t_{\text{нв},0}$ до $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}}$ [4–6]. Для решения задачи разработана компьютерная программа. Рассматривается система теплоснабжения с 4 ответвлениями, двухтрубная, тупиковая. Ступенчатое изменение нагрузки на котельную (ΔQ), связанное с изменением температуры наружного воздуха на величину $\Delta t_{\text{нв}}$, вызывает переходной тепловой процесс в системе. Здесь:

– τ_0 , часов – момент времени, в который ступенчато изменилась нагрузка на котельную;

– t_1^0, t_2^0, C^0 – значения температур теплоносителя, рассчитанные с помощью заданных зависимостей $t_1(t_{\text{нв}}), t_2(t_{\text{нв}})$ и соответствующие $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0}$;

– t_1^1, t_2^1, C^0 – значения температур теплоносителя, соответствующие:

$$t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}};$$

– T_0 , часов - период оборота теплоносителя в системе, $T_0 = \text{const}$;

– $t_1^{\text{var}}(\tau), t_2^{\text{var}}(\tau), C^0; Q^{\text{var}}(\tau)$, МВт – значения температур теплоносителя на входе и выходе из системы и тепловая нагрузка на эту систему в течение периода регулирования T ,

– Q_K^0, Q_K^1 , МВт – значения тепловых нагрузок, рассчитанные с помощью заданных зависимостей $Q_K(t_{\text{нв}})$ для $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0}$ и $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t_{\text{нв}}$, обеспечивающие комфортное состояние системы в ОР при указанной $t_{\text{нв}}$;

– $Q_{\text{ср}}^T = \frac{\int_{\tau_0}^{\tau_0+T} Q^{\text{var}}(\tau) d\tau}{T}$, МВт – средняя нагрузка на ОР с учетом переходного процесса в течение периода T .

Система теплоснабжения состоит из:

– отопительной котельной с i котлами КБНГ-2,5 ($i = \overline{1,2}$) с различными экономическими характеристиками;

– тепловой сети, в которую входит k участков ($k = \overline{0,5}$);

– j теплораспределительных станций и отапливаемых районов, $j = \overline{1,4}$.

Исследование влияния режимных характеристик системы теплоснабжения на управление отпуском теплоты при ступенчатом изменении нагрузки, то есть исследуется влияние периода оборота теплоносителя в сети (T_0), периода регулирования (T) и ступенчатого приращения температуры наружного воздуха $\Delta t_{\text{нв}}$ на потери в системе теплоснабжения. В результате было выявлено, что фактическое количество теплоты, подведенное за период T с учетом переходного процесса, составляет величину $Q_{\text{ср}}^T \cdot T = 2,817 \cdot 25 \cdot 3600 \cong 253\,000$ МДж. Количество теплоты, которое необходимо подвести в ОР за период T , чтобы обеспечить комфортное состояние (при $t_{\text{нв}} = t_{\text{нв},0} + \Delta t$) составляет величину $Q_K^1 = 2,556 \cdot 25 \cdot 3600 \cong 230\,000$ МДж. Таким образом, имеет место «перетоп», а, значит, и добавочные потери в системе, которые в относительном виде можно определить:

$$\overline{Q_{\text{вар}}} = \frac{(Q_{\text{ср}}^T - Q_K^1)}{Q_K^1} = \frac{2,817 - 2,556}{2,556} \cdot 100 = 10,2 \, \%.$$

Аналогичная задача была решена для различных значений $\Delta t_{\text{нв}}$, T и T_0 .

Анализ приведенных результатов позволяет сделать следующие выводы. Величина «перетопа» $\overline{Q^{var}}$ в процессе изменения $\Delta t_{нв}$, T и T_0 меняется от 5 % до 23 %. Наибольший «перетоп» наблюдается для варианта $T_0 = 6$ часов, $T = 25$ часов и $\Delta t_{нв} = 10$ C°. При этом процесс приближения величины Q^{var} к Q_k^1 не завершается к моменту окончания периода T .

Выводы

Осуществлены формальная и математическая постановка задач рационального управления отопительной котельной с учетом транспортного запаздывания теплоносителя, вызванного ступенчатым изменением нагрузки в системе теплоснабжения. Проведена декомпозиция общей оптимизационной задачи на ряд локальных оптимизационных задач на отдельных иерархических уровнях, позволяющая существенно сократить время решения общей задачи управления и реализовать ее в режиме реального времени эксплуатации котельной.

Показано, что при ступенчатом уменьшении нагрузки на котельную расчет последующей рациональной нагрузки необходимо проводить с учетом транспортного запаздывания теплоносителя в системе. В противном случае имеет место значительный «перетоп» (достигающий 20–25 %) и соответствующие потери энергии в системе.

При ступенчатом увеличении нагрузки в аналогичном случае имеет место «недотоп», сопровождающийся резким ухудшением условий в ОР по отоплению и горячему водоснабжению. Предложены алгоритм и программный комплекс, позволяющие избежать этих недостатков.

Показано, что после ступенчатого изменения нагрузки тепловой процесс в системе теплоснабжения восстанавливается в течение 10–40 часов для рассматриваемых в работе вариантов сети. Время установления режима зависит от времени транспортного запаздывания, величины ступенчатого изменения нагрузки и других параметров.

Список использованных источников

1. Литвинчева, И. А. Оптимизация распределения переменной тепловой нагрузки между теплоагрегатами отопительных котельных: дис. канд. техн. наук 05.23.03 / ДГАСиА. – Днепропетровск, 1996. – 159 с.
2. Русланов, Г. В. Экономить, распределяя нагрузку между котлоагрегатами, позволяет предлагаемая методика / Г. В. Русланов, А. П. Федоров, Э. И. Гольдин // Городское хозяйство Украины. – 1990, – № 2. – С. 32.
3. Федоров, А. П. Исследование влияния места подмешивания теплоносителя на экономическую эффективность отопительной системы в целом / А. П. Федоров // Науковий вісник будівництва: Харків: ХДТУБІА, ХОТВАБУ. - Х» 6, 1999.-С. 154 - 159.
4. Федоров, А. П. Оптимальное управление отопительной системой независимого типа / А. П. Федоров, С. Ю. Андреев // Науковий вісник будівництва: Харків: ХДТУБІА, ХОТВАБУ.. – 2000, № 10, – С. 120–123.
5. Вороновский, Г. К. Усовершенствование практики оперативного управления крупными теплофикационными системами в новых экономических условиях / Г. К. Вороновский. – Харьков : Изд-во Харьков, 2002. – 239 с.
6. Zoutendijk, G. Some recent developments in nonlinear programming Fifth Conference of Optimization Techniques / G. Zoutendijk, – pt. 1. – Berlin : 1973. – Pp. 407–417.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции. Сунь Цзяминь – аспирант, Пономарев Н. С. – зав. кафедрой, к. ф.-м. н., доцент, Уляшева В. М. – проф., д. т. н., профессор

Аннотация

Представлен обзор использования возобновляемых источников энергии для отопления зданий, их преимуществ и недостатков, особенностей их применения, уровня исследований, прогноз будущих тенденций развития и направлений исследований. Путем систематизации и анализа текущего состояния исследований в области систем отопления на основе возобновляемых источников энергии данная статья ставит целью предоставить теоретическую поддержку для развития систем теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии и стимулирования трансформации энергетической структуры в сторону устойчивого развития.

Системы отопления на основе возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными системами отопления с использованием ископаемых топлив имеют множество преимуществ, таких, как снижение выбросов парниковых газов, сокращение энергопотребления, повышение энергетической эффективности и т. д. [1]. Виды систем отопления на основе возобновляемых источников энергии представлены на рисунке 1 и включают геотермальные, тепловые насосы, солнечные системы отопления, биомассу и электрические системы отопления.



Рисунок 1 – Классификация технологий отопления с использованием возобновляемых источников энергии

В последние годы быстро развивающимся вариантом в области теплоснабжения является использование средне-глубинных геотермальных ресурсов в теплоснабжении с использованием тепловых насосов. Согласно геологической классификации

геотермальные ресурсы могут быть разделены на поверхностные (до 200 м), средне-глубинные 200–3000 м) и глубокие. Использование теплоты может быть разделено на конвективные и кондуктивные теплообменные системы (горизонтальное и вертикальное расположение). Глубокие геотермальные ресурсы обычно располагаются на глубинах более 3000 метров и могут представлять собой сухие горячие породы или гидротепловые системы [2].

Однако в современных городах подземное пространство является крайне ценным ресурсом, где трубопроводы, метро, подземные торговые центры и т. д. формируют так называемый "второй город". Поэтому использование геотермальной энергии должно быть гармонизировано с общим планированием города. Системы глубокого геотермального теплового насоса могут обеспечивать 3,28 кВт тепловой энергии на 1 кВт электроэнергии, при этом затраты составляют 72 рубля/(Вт·м), что в 4 раза больше, чем в поверхностные системы [3].

Китай является страной с наибольшим числом применений грунтовых тепловых насосов для отопления/охлаждения зданий. Крупные геотермальные тепловые насосы также могут быть использованы для генерации электрической энергии. Основные инвестиции в геотермальные тепловые насосы направлены на бурение термоскважин. Анализ инвестиций показывает: стоимость коллектора составляет 150 юаней/м², теплового насоса – 30 юаней/м², стоимость конечного оборудования – 30 юаней/м² [4].

Воздушные тепловые насосы могут быть использованы для производства горячей (холодной) воды при температуре окружающей среды не ниже –25° С. Для различных регионов от холодных до тропических может применяться оборудование на использовании теплоты различных водоемов или бытовых сточных вод с температурой воды от 8°С до 35°С. Так, в центре обработки данных (рисунок 2), характеризующимся значительными теплоизбытками, эффективность энергосбережения может быть повышена при использовании теплового насоса с водяным источником.

В северных городах Китая с центральным отоплением источником теплоты для тепловых насосов является обратная вода. Если источником теплоты в тепловой сети является котел или ТЭЦ, температура обратной воды обычно составляет 60 ~ 70°С [5]. Если источником теплоты в тепловой сети является тепловой насос, температура обратной воды обычно составляет 35 ~ 45°С, при этом конечная температура воды может достигать более 70 °С. Тепловые насосы могут стать в будущем одним из основных источников тепловой энергии, обслуживающих северные регионы, однако есть некоторые проблемы. Отопительный коэффициент теплового насоса должен быть достаточно высоким, не ниже 2,5.

В настоящее время для отопления зданий, в том числе и жилых, в основном используются тепловые насосы воздух – вода. Основной проблемой является обмерзание поверхности испарителя, последствиями которого являются блокировка каналов воздушного потока, уменьшение воздушного потока, низкая температура и снижение производительности [6]. Важным направлением исследований в области применения тепловых насосов должно стать то, как реализовать прерывистую работу тепловых насосов [7].

Солнечное отопление можно разделить на активное и пассивное (с использованием аккумуляции ограждающими конструкциями). В зависимости от теплоносителя активное солнечное отопление можно разделить на воздушное [8] и отопление горячей водой [9]. Солнечное воздушное отопление предназначено в основном для одноэтажных фермерских домов, его система быстро запускается и морозоустойчива, но имеет низкую эффективность.

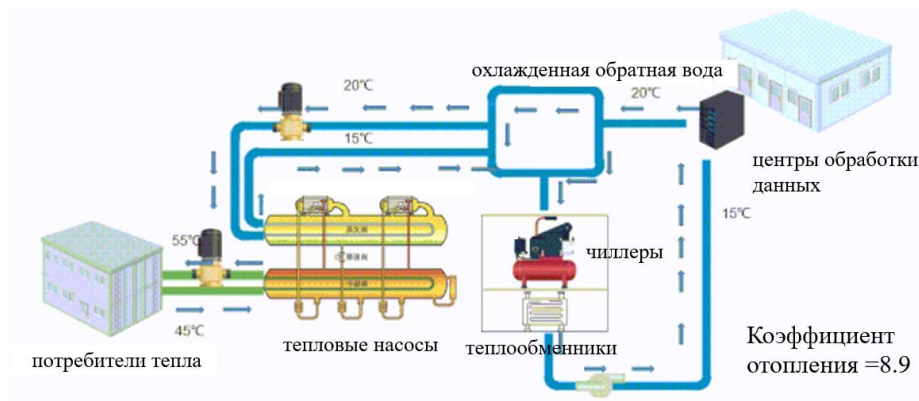


Рисунок 2 – Схема системы отопления с использованием отработанного тепла в центре обработки данных

Солнечное отопление горячей водой разработано на основе солнечного горячего водоснабжения, его система эффективна и проста в установке, но при неправильном управлении подвержена замерзанию и перегреву. Солнечное отопление имеет длительный срок службы и широкий спектр сценариев применения; при одинаковых условиях отопления оно позволяет сэкономить от 40 до 60 % энергозатрат. В настоящее время централизованное солнечное теплоснабжение становится тенденцией международного развития [10]. Теплоаккумулирующая мультиэнергетическая дополнительная система отопления (рисунок 3) является одним из типичных представителей солнечного отопления.

Межсезонная аккумуляция тепловой энергии, в том числе избытка тепловой энергии летом для использования на отопление, позволяет органично объединить энергию ветра, фотовольтаику, солнечную тепловую энергию, тепловые насосы и другие источники энергии, чтобы добиться надежного и эффективного хранения энергии для достижения цели отопления и энергоснабжения [11]. Нагревая сезонный теплоаккумулирующий водоем с помощью солнечных коллекторов, отработанная теплота когенерации также может храниться в сезонном теплоаккумулирующем водоеме для последующего использования в тепловом насосе. В настоящее время передовые мировые технологии межсезонного хранения тепла представлены на рисунке 4, которые в основном включают стальной резервуар, тепловые накопители в бассейне большого объема (PTES), тепловые накопители на почве (BTES) и тепловые накопители в подземных водоемах (Aquifer) [12]. Из-за специфики технологии хранения в стальных резервуарах объем теплоаккумулятора обычно не превышает 7000 м³.

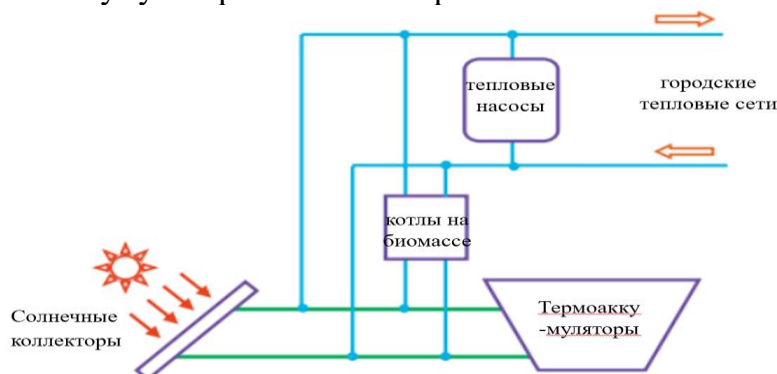


Рисунок 3 – Схема мультиэнергетической системы дополнительного отопления с солнечным теплоаккумулятором

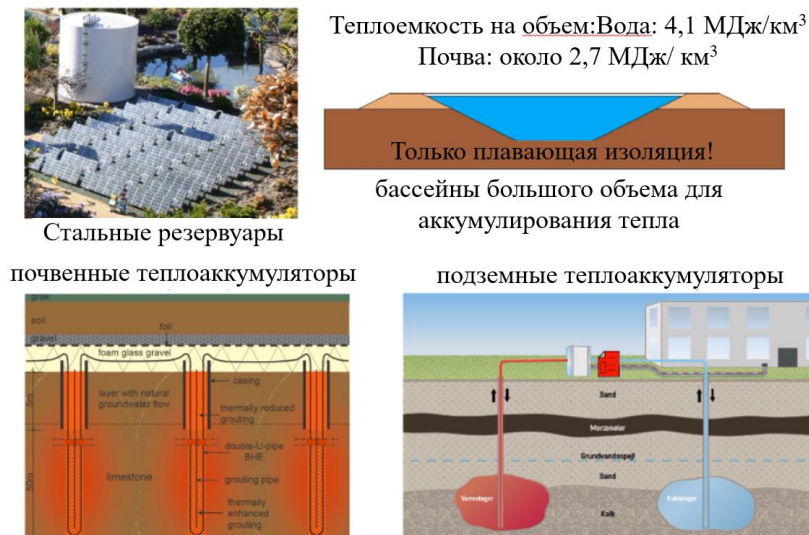


Рисунок 4 – Технология межсезонного хранения тепловой энергии

С помощью технологии сезонного хранения тепловой энергии можно реализовать термоэлектрическую связь тепловых электростанций для повышения гибкости электростанций; отработанное тепло электростанций можно хранить летом и забирать зимой, чтобы избежать потерь тепловой энергии и повысить экономичность электростанций; для повышения коэффициента использования возобновляемых источников энергии можно использовать мультиэнергетические дополнения, такие как энергия ветра, тепловые насосы, отработанное тепло и т. д.

Технология отопления биомассой подразделяется на четыре типа технологий в соответствии с различными способами обработки сырья: прямого сжигания соломы биомассы; пеллетный топливный котел биомассы; пиролиз биомассы и отопление биогазом биомассы. Среди них биогаз биомассы можно разделить на нормальный температурный тип (ниже 20°C), средний температурный тип ($20^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$) и высокотемпературный тип ($50^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$) в соответствии с различными температурами ферментации, и в настоящее время в коммерческих биогазовых проектах преобладает высокотемпературный тип из-за высокой скорости производства газа и короткого цикла ферментации высокотемпературного типа [13]. Высокотемпературный тип требует дополнительного подогрева резервуара для биогаза зимой, что ограничивает применение этого способа в холодных регионах для отопления.

Котел на пеллетном топливе из биомассы относится к котлам на биомассе, в которых солома и другая сельскохозяйственная и лесная биомасса спрессовывается в формованные виды топлива. Пеллетное топливо из биомассы имеет следующие преимущества: компактность, высокий КПД котла (порядка 85%), длительный срок службы, низкая стоимость установки, экологические преимущества. Недостаток пеллетного котла на биомассе связан с высокой стоимостью топлива, из-за высокого содержания воды в топливе из биомассы выбросы углерода превышают до 2 раз медиану Международной энергетической организации IEA, которая принимает значение 16 % [14].

В последние годы преобразование топлива из биомассы путем пиролиза получило более широкое распространение. Технологии газификации пиролиза биомассы можно разделить на технологии газификации с неподвижным слоем и с псевдоожиженным слоем, основанные на движении топлива в топке [15]. Газификатор с неподвижным слоем подходит для небольших систем газификации биомассы малой мощности. Преимуществами второго способа являются высокая эффективность

газификации, пригодность для крупных проектов газификации, адаптируемость к материалам из биомассы и высокое качество производимого газа. Узкими местами являются высокие инвестиционные затраты и потребление энергии, сложная эксплуатация, высокий спрос на газификационные агенты [16].

В настоящее время основные технологические направления электрического отопления включают электродный котел и водяной теплоаккумулятор, котел сопротивления и водяной теплоаккумулятор, твердое теплоаккумулирующее электронагревательное устройство, электродный котел и теплоаккумулятор фазового изменения и т.д. [17, 18].

При выборе крупномасштабного источника тепла для отопления, если единичная электрическая мощность превышает 4 МВт, то выбирается электродный котел, если единичная электрическая мощность ниже 4 МВт, то выбирается котел сопротивления.

Твердое теплоаккумулирующее электронагревательное устройство имеет электрический нагревательный элемент, интегрированный с теплоаккумулирующим устройством [19]. Твердотельные теплоаккумулирующие электронагревательные установки в настоящее время являются модульными. Малый модуль используется в гостиницах, офисных зданиях, распределенном электрическом отоплении. Большой модуль от 5 МВт до 90 МВт используется для централизованного электрического отопления.

Выводы

Применение нескольких видов энергии является наиболее важной особенностью систем отопления на основе возобновляемых источников энергии. Не существует фиксированной схемы или определенной системы использования нескольких видов энергии, ее необходимо адаптировать к местным условиям и разрабатывать конкретные программы в соответствии с местными ресурсами. Создание набора методов планирования систем отопления на основе возобновляемых источников энергии, а также управление и оптимизация многоэнергетических систем отопления в режиме реального времени – это ключ к решению проблемы долгосрочной устойчивости пользовательской стороны чистого отопления.

Список использованных источников

1. Lin, X. Dynamic modeling and uncertainty quantification of district heating systems considering renewable energy access / X. Lin [et al.] // Applied Energy. Elsevier, 2023. – Vol. 349. – P. 121–629.
2. Hu, Y. Opportunity and challenges in large-scale geothermal energy exploitation in China / Y. Hu, H. Cheng, S. Tao // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. Taylor & Francis, 2022. – Vol. 52, № 21. – P. 3813–3834.
3. Deng, J. Field test on energy performance of medium-depth geothermal heat pump systems (MD-GHPs) / J. Deng [et al.] // Energy and Buildings. Elsevier, 2019. – Vol. 184. – P. 289–299.
4. Bae, S. Economic and environmental analysis of ground source heat pump system according to operation methods / S. Bae, Y. Nam // Geothermics. Elsevier, 2022. – Vol. 101. – P. 102–373.
5. Третьякова, П. А. Показатели эффективности применения тепловых насосов в системе централизованного теплоснабжения/ П. А. Третьякова, А. А. Меньшикова, Т. В. Третьякова // Энергосбережение и водоподготовка. – 2020. – No 2. – С.17–21/
6. Song, M. Review on improvement for air source heat pump units during frosting and

- defrosting / M. Song [et al.] // Applied energy. Elsevier, 2018. – Vol. 211. – P. 1150–1170.
7. Sweetnam, T. Domestic demand-side response with heat pumps: controls and tariffs / T. Sweetnam [et al.] // Building Research & Information. Taylor & Francis, 2019. – Vol. 47, № 4. – P. 344–361.
 8. Kabeel, A. E. Solar air heaters: Design configurations, improvement methods and applications—A detailed review / A. E. Kabeel [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 2017. – Vol. 70. – P. 1189–1206.
 9. Shukla, R. Recent advances in the solar water heating systems: A review / R. Shukla [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 2013. – Vol. 19. – P. 173–190.
 10. Perez-Mora, N. Solar district heating and cooling: A review / N. Perez-Mora [et al.] // International Journal of Energy Research. Wiley Online Library, 2018. – Vol. 42, № 4. – P. 1419–1441.
 11. Gao, L. A review on borehole seasonal solar thermal energy storage / L. Gao, J. Zhao, Z. Tang // Energy procedia. Elsevier, 2015. – Vol. 70. – P. 209–218.
 12. Yu, K. Coordinated planning and operation of inter seasonal heat storage and P2G devices integrated to urban multi-energy system / K. Yu [et al.] // Energy Reports. Elsevier, 2023. – Vol. 9. – P. 4617–4634.
 13. Tabatabaei, M. Prominent parameters in biogas production systems / M. Tabatabaei [et al.] // Biogas: Fundamentals, Process, and Operation. Springer, 2018. – P. 135–161.
 14. Wikipedia.Biomass.
 15. Hanchate, N. Biomass gasification using dual fluidized bed gasification systems: A review / N. Hanchate [et al.] // Journal of cleaner production. Elsevier, 2021. – Vol. 280. – P. 123–148.
 16. Min, F. An experimental investigation into the gasification reactivity and structure of agricultural waste chars / F. Min [et al.] // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Elsevier, 2011. – Vol. 92, № 1. – P. 250–257.
 17. Maruf, M. N. I. Classification, potential role, and modeling of power-to-heat and thermal energy storage in energy systems: A review. / M. N. I. Maruf [et al.] // Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2022. 53, 102553.
 18. David, A. Heat roadmap Europe: large-scale electric heat pumps in district heating systems / A. David [et al.] // Energies. MDPI, 2017. – Vol. 10, № 4. – P. 578.

Тиркишов Б., Велланов А., Акыев Б., Акыев Ш.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В ТУРКМЕНИСТАНЕ

Государственный энергетический институт Туркменистана. Тиркишов Б. – преподаватель, Велланов А., Акыев Б., Акыев Ш. – студенты

Аннотация. В данной научной статье представлены результаты по исследованию эффективности применения ветряных станций в разных регионах Туркменистана с использованием программного обеспечения, разработанного в Государственном энергетическом институте Туркменистана.

Ключевые слова: Туркменистан, энергия ветра, ветряная станция, направление ветра, производительность станций

Введение. Ветер возникает при неравномерном нагреве земной поверхности солнцем. Земная поверхность разнообразна: суша, океаны, горы, леса – все прогревается неравномерно на одном и том же пространстве. Также вращение Земли вызывает изменения воздушных потоков. Все эти факторы усложняют циркуляцию атмосферы. Существуют различные погодные условия, которые в некоторой степени связаны друг с другом.

На экваторе есть область затишья над землей, где ветры слабые. К северу и югу от Асудалыкского района распространяются пассаты (ветры, дующие из тропиков к экватору), имеющие отклонение на запад в результате вращения Земли с запада на восток. Таким образом, преобладающие ветры дуют с северо-востока в северном полушарии и с юго-востока в южном полушарии.

Пассаты (сухие ветры, дующие от тропиков к экватору) различаются по балансу и скорости воздушного потока на широте до 30° северной и южной широты. Средняя скорость пассатов, дующих с юго-востока над северным полушарием, составляет 6–8 м/с. Эти ветры меняются вблизи основных климатических условий в результате круглогодичных изменений температуры и давления над климатом. Высота слоев пассата варьируется от 1 до 4 км. Над ними располагается переменный ветровой слой, а над этим слоем – область противопассатных ветров, дующих против пассатов. Высота противопассатного слоя колеблется от 4 до 8 км в зависимости от региона и времени года.

Материалы и методы. Было замечено, что в Туркменистане в течение года наблюдается большая циркуляция ветра. В северной части Туркменистана ветер, дующий с севера на восток, проходит из центрального района у подножия Копетдага на восток, а северный – на юго-восток до Каракумов.

В основном будут преобладать слабые и медленные ветры до 5 м/с. Но в марте и апреле бывают сильные ветры, до 15 м/с и более. Ветры до 18 м/с ежегодно дуют в Центральных Каракумах по рекам Мургап и Теджен. На побережьях Каспийского моря и в долинах реки Амидерья возможны ветры до 20–21 м/с, а в горных районах – до 27 м/с.

Скорость ветра в Каспийской зоне достаточна для стабильной работы ветровых электростанций в течение всего года. В основном в северной и северо-западных частях Туркменистана встречаются ветреные районы со средней эффективностью. Средняя скорость ветра в этих районах составляет от 3,5 до 6 м/с. В других районах Туркменистана скорость ветра не превышает 3,5 м/с. Поэтому устанавливать ветряную электростанцию в этих районах нецелесообразно [1].

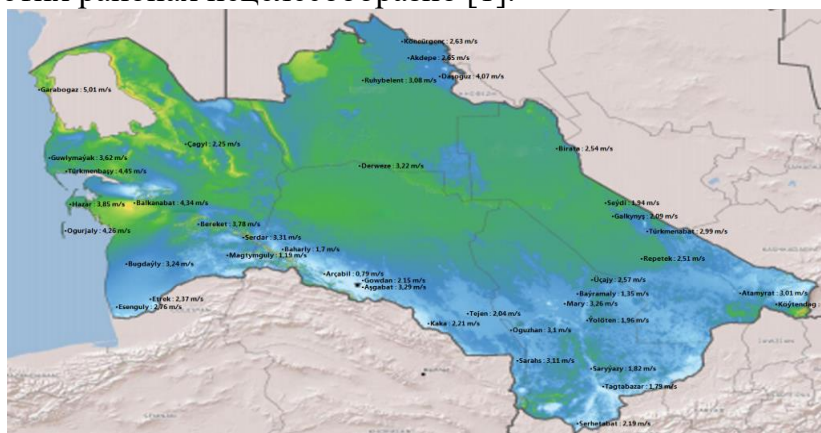


Рисунок 1 – Потенциал ветра в Туркменистане

Прибрежные зоны севера страны, побережья Каспийского моря отличаются высокой эффективностью ветреных условий. Средняя скорость ветра здесь выше 6 м/с. Однако часто встречаются разрушительные и сдвигающие ветры (до 30 м/с). Поэтому можно использовать быстроходные ветродвигатели (две – три лопасти), рассчитанные на ветровые нагрузки до 40 м/с. На побережьях удобно устанавливать ветряные электростанции с теплоизоляцией. Как видно, на территории страны возникают ветреные погодные условия, отличающиеся друг от друга. Для использования энергии ветра необходимо охарактеризовать ее на научной основе. Чтобы использовать энергию ветра, недостаточно изучить его метеорологические характеристики. Энергия ветра в основном характеризуется кадастровой идентификацией ветра и ветрового волнения. В ветровой кадастр в основном включаются среднегодовая скорость ветра, годовая и суточная скорость ветра, повторяемость скоростей ветра, распространение и виды скоростей ветра, максимальная скорость ветра, продолжительность ветреного и штилевого периодов, скорость ветра и энергия ветра, учитываемый район характеризуется ветроэнергетическим потенциалом. Направление ветра определяется по направлению и частоте ветра.

Германия, Дания и США входят в число ведущих стран по производству воздушной инфраструктуры. Большой популярностью на мировом рынке пользуются компании Vestas (Дания) и Enercon (Германия), производящие ветряные турбины. Эти компании производят ветроустановки мощностью от 0,8 до 7,5 МВт. Максимальная мощность турбин производства американской компании General Electric составляет 3,6 МВт. В последние годы компании КНР заняли лидирующие позиции в производстве ветроустановок [2].

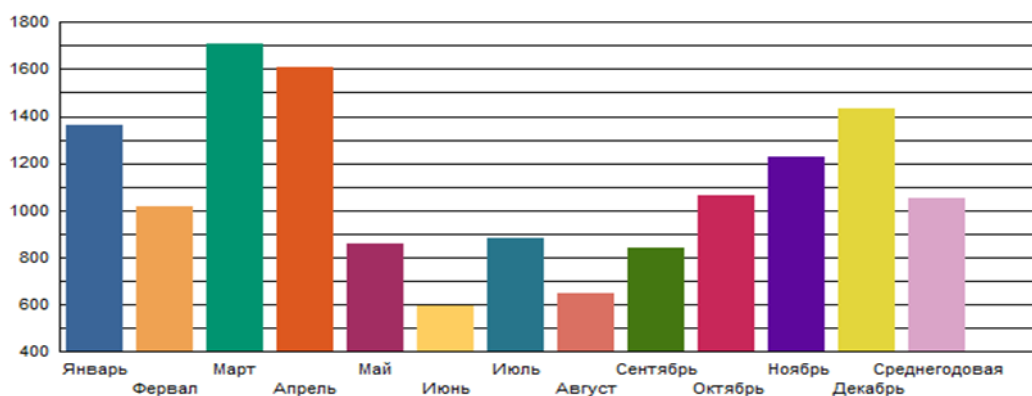


Рисунок 2 – График производительности ветряной электростанции мощностью 10 кВт установленная в регионе Гарабогаз, Балканской области

Сегодня уже не вызывает сомнений, что ветроэнергетика – это новое поколение экологически чистой “зеленой” энергии. На основе строительства ветровых электростанций, по сравнению с тепловыми электростанциями, возможно снижение выбросов углекислого газа в окружающую среду. Также срок окупаемости ветрогенераторов составляет 7–8 лет. Этот показатель реализуется за счет автономного производства определенной части потребляемой электрической энергии.

Однако ветроэнергетика имеет и свои недостатки. Во-первых, это связано с ветровой энергетикой, а подача вырабатываемой энергии в систему носит переменный характер. Поэтому не всегда безопасно использовать потенциал одной ветровой электростанции.

Второй недостаток заключается в том, что география расположения ветропарков не совпадает с географией местонахождения пользователя. Кроме того, ветряные электростанции оказывают влияние на окружающую среду: изменяют климат, нагревая

земную поверхность, образуют пещеры, вызывают повышение влажности в селах и городах.

С использованием программного обеспечения “Цифровая система проектирования ветроэлектрической станций” разработанного в Государственном энергетическом институте Туркменистана можно определить скорость ветра в любом регионе страны и определить возможности выработки электрической энергии по месяцам [3].

В качестве примера произведем сравнительный расчет производительности ветряной электрической станции мощностью 10 кВт (Condor Air 10kW, производство Канады), установленная на высоте 12 метров.

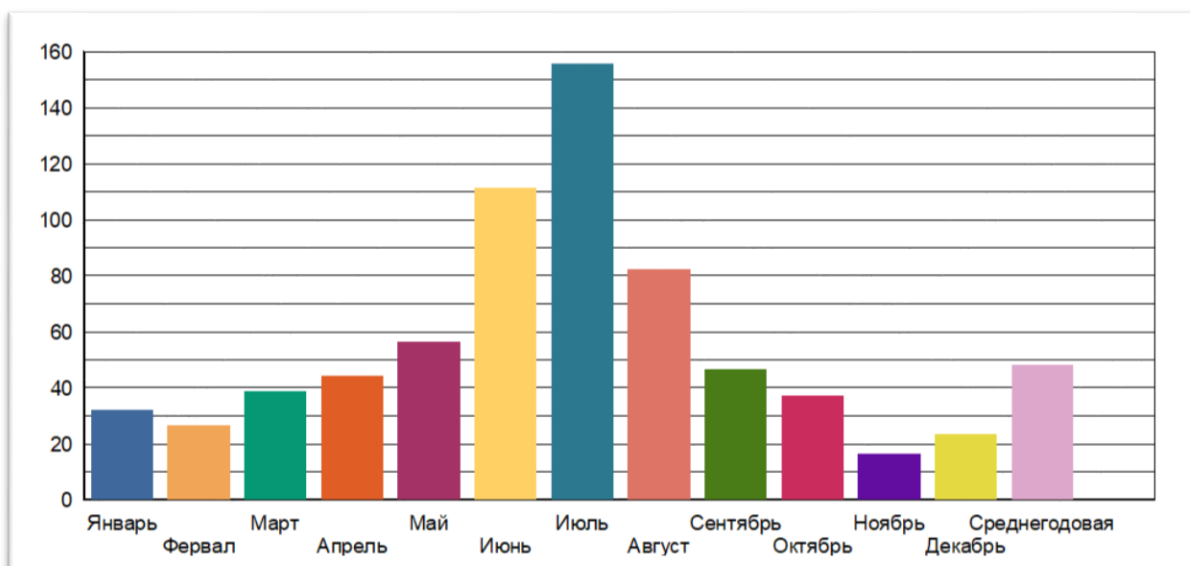


Рисунок 3 – График производительности ветряной электростанции мощностью 10 кВт, установленной в регионе Тагтабазар, Марыйской области

Заключение

Как видно из рисунков, среднегодовая выработка электрической энергии от ветряной электростанции, установленной в регионе Гарабогаз, составляет 14 295,16 кВт/ч, а в регионе Тагтабазар – 720,62 кВт/ч, с разницей в 2 раза, что в свою очередь доказывает об эффективности применения ветряных электрических станций на территории региона Гарабогаз Балканской области.

О реформах по использованию потенциала ветровой энергетики свидетельствует также план Министерства энергетики Туркменистана по строительству комбинированной солнечной и ветровой электростанции мощностью 10 МВт вблизи туркменского озера «Алтын-Асыр», расположенного в Сердарском этрапе Балканского веляята и обеспечению электроэнергией современного поселка.

Список использованных источников

1. Государственная программа по энергосбережению на 2018–2024 годы, утвержденная Постановлением Президента Туркменистана № 674 от 21 февраля 2018 года. – Ашхабад, 2018.
2. Статистика международной торговли товарами: Руководство для составителей, первое пересмотренное издание (СМТТ 2010-РС) Организация Объединенных Наций, – Нью-Йорк, 2015. – 365 с.
3. Цифровая система проектирования ветроэлектрической станции: пат. № 145 / Н. А. Алланазаров; К. А. Сарыев, Б. Т. Рейимов, Г. Х. Гелдиева. – Опубл. 02.02.2021.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДЫ

*Преподаватель истории Педагогической школы имени Хыдыра Деряева,
Туркменистан*

Вода является одним из природных богатств, в значительной степени употребляемых человечеством. Во все времена, для всех народов мира вода являлась источником жизни и достатка. «Там, где есть жизнедеятельность, должна быть вода. Вода – первое условие жизни.» [1, с. 246].

Такие изречения наших предков, как «Красота земли – вода, красота воды – лебедь», «Вода является украшением, а водник – ювелиром», «Вода – мать урожая», «Вода – мать, земля – отец», «Вода там, где протекает, счастье там, куда устремляется взор» [2] – являются доказательством того, что туркменский народ бережно относится к каждой капле воды.

Наши прадеды придавали особое значение рациональному использованию воды, сохранению ее от загрязнения и сокращения. Одним из объектов, входящих в водный резерв Туркменистана, являются подземные воды. Подземные воды выводятся на поверхность природным и искусственным способами. Колодцы с древних времен являются одним из искусственных способов добычи подземных вод.

Основавшие безукоризненные методы рытья колодцев, наши прадеды создали национальные принципы жизнедеятельности, гармоничные с природой. Рытье колодцев начиналось с определения места подземных вод. Выявляя на поверхности источник жизни – воду, мастера-колодезники были очень бдительными. «Золотоискатели и рудознаты умеют определять виды залежей неорганических веществ под землей. В свою очередь и мастера колодезники с таким же упорством определяют место пресной воды. Геологи «считывают суть», скрытую под землей.» [1, с. 274].

Во времена отсутствия приборов, проверяющих состав воды, колодезники умели определять наличие пресной воды на глубине 100 метров, какая вода выйдет, в каких местах, при какой глубине. «Деятельность колодезников является одной из сложных профессий.» [1, с. 375]. Мастера-колодезники создали своеобразные методы по выбору места рытья колодцев для добычи пресной воды. Давайте остановимся на некоторых из таких методов.

– мастера-колодезники по разновидности растущих на поверхности кустов и трав определяли наличие воды под почвой. Они уделяли особое внимание рытью колодцев в местах густого нароста верблюжьей колючки. Сначала, выщипывая конец колючки, они ее разжевывали. Таким образом они определяли, какую воду можно было извлечь. Вкус верблюжьей колючки связан со вкусом подземной воды;

– ссылаясь на мудрое изречение «Дерево пьет воду из-под своего корня», мастера считали приемлемым рыть колодцы в местах, окруженных растущими саксаульниками;

– наши опытные предки, изрекая: «Там, где растет цветок гульшен, засоленная почва», советовали избегать таких мест;

– мастера-колодезники были сверхчувствительными людьми, понимающими ядро Земли. Они, лежа лицом вниз и приложив ухо к земле, прислушивались к биению сердца Земли. В случае восприятия звука, исходящего из-под земли, с этого места начинали рыть колодец.

– некоторые мастера, ориентируясь на густые заросли кетгена, начинали рыть колодец;

– изрекая: «в местах, где слонялась лиса, – засуха, там шакал места не найдет», определяли место, ссылаясь на влажность мест обитания шакалов;

– выпуская на волю быка, испытывающего жажду, они преследовали его. Выясняя место наличия источников вод, бык, ковыряя копытом, принимался к этому месту. Ссылаясь на это, мастера приступали рыть колодец;

– смазывая маслом внутреннюю часть деревянной чаши, оставляли ее на время в перевернутом состоянии. Если по истечению времени внутри образовывалась влажность, выявляли наличие в том месте воды, а если собирались капли, то определяли наличие большого объема воды.

– во время выжеребки верблюдица выбирала самое гладкое место – такыр. Наши прадеды, отметив место выжеребки верблюдицы, рыли там колодец, так как выбранное верблюдицей место являлось самым близким местом подземных вод у поверхности земли. Это, в свою очередь, является доказательством того, что верблюды являются всесторонне полезными для человечества.

Очевидным примером гармоничного сосуществования наших прадедов с природой является использование природных объектов при укреплении стен колодца. Туркменский народ создал такую загадку, связанную с колодцами – «Ребро из древесины, все пользуются его молоком». Мастера-колодезники прикладывали большие усилия для продления жизни колодца, крепко укрепляя стены ветками пустынных растений или каменными укладками. В качестве сырья для укрепления колодцев, согласно географическому расположению, использовались такие растения, как солен, гандым, тутовник, фисташковое дерево, хвойное дерево (деревянная укладка) или обожженный кирпич и природные камни (каменная укладка). Но мастера-колодезники не использовали сазак в качестве поддона, так как он имел свойство придавать горечь воде. В 1930 году гидрогеолог П. С. Макеев отметил, что частица растения сазак, упавшая в колодец, сделала воду горькой [4, с. 210].

Поддон «човлук» для всех видов колодцев является обязательным. Човлук является специальным фильтром, изготовленным из веток кандыма и селина, для предотвращения упадка песчаных стен, протекания воды вокруг.

Колодцы в разные периоды времени служили источником воды в пустыне Гарагум. Гарагум является пустыней с богатой терминологией, которая включает в себя разновидность песков, такыров, солончаков, колодцев, возвышенностей и впадин. В ней существовали различные виды колодцев. Колодцы различались по вкусу воды. Например, колодцы с пригодной для питья пресной водой именовали «Балгуйы» (медовой колодец); колодец со сладкой водой – «Суйджигуйы» (сладкий колодец); колодец с малоприспособленной для питья, солоноватой водой – «Йогынгуиы» (терпкий колодец); с крепкой водой – «Йогынгуиы», с соленой водой – «Шоргуйы» (соленый колодец); с горькой водой – «Аджигуйы» [5, с. 136–137].

Почитая ценную воду, которая с далеких времен по сегодняшний день считалась началом жизнедеятельности и благосостояния, туркменский народ приравнивал каждую ее каплю к крупице золота.

В эру Возрождения новой эпохи могущественного государства успешно соблюдаются принципы наших предков по охране и рациональному использованию водных богатств. Приобретенные знания по бережному отношению к воде, преобразованные в жизненные принципы, являются для каждого человека образцовым долгом.

Список использованных источников

1. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ömrümiň manysynyň dowamaty. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2023.
2. Paýhas çeşmesi. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2016.
3. Макеев П. С. Колодцы в Северо-Восточных Каракумах.- «Материалы комиссии экспедиционных исследований АН СССР», 1930, вып. 20. Л.;
4. “Ономлстика Средней Азии” Издательство “Илим” Фрунзе 1980

Хабилов Ю.М., Соловьев Р.А., Хамидуллин И.С., Важдиев К.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Хабилов Ю.М. – магистрант; Соловьев Р.А. доцент, к. т. н.; Хамидуллин И.С. –
доцент; Важдиев К.В. – заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение»,
доцент, к. т. н.*

Поиск способов повышения энергетической эффективности работы очистных сооружений является важным направлением развития водоочистки. Основными задачами в этом направлении является оптимизация работы оборудования и разработка новых подходов к сокращению энергетических затрат инженерных систем очистных сооружений.

Перспективным способом снижения энергопотребления является использование тепловой энергии сточных вод. В настоящее время существует большое количество исследований, посвященных разработке способов рекуперации тепловой энергии сточных вод [1–14]. Широкое распространение получили варианты теплоснабжения зданий и сооружений с применением локальных систем рекуперации, установленных непосредственно у источников сточных вод, либо в зонах их концентрации, например, в канализационных коллекторах или насосных станциях. Однако такие особенности сточных вод, как наличие в них различных примесей, в том числе песка и мелкого мусора, ограничивают возможности применения стандартного теплообменного оборудования [13].

На очистных сооружениях существует возможность утилизации теплоты уже прошедшей очистку воды с применением стандартных тепловых насосов с высокоэффективными паянными теплообменниками. Большой объем поступающих на очистку стоков, а также поддержание на очистных сооружениях постоянного расхода воды позволяет обеспечить стабильную работу системы рекуперации. Полученную тепловую энергию можно использовать в следующих целях:

- 1) организация водяного и воздушного отопления сооружений. Это позволяет снизить расходы на обогрев и сделать процесс более энергоэффективным;
- 2) обеспечение горячего водоснабжения бытовых помещений на очистных сооружениях;
- 3) организация системы подогрева поступающей сточных вод перед процессом биологической очистки. Повышение температуры сточных до 20–25° С создает благоприятные условия для работы аэротенков и денитрификаторов, что позволяет повысить глубину биологической очистки,

ускорить разложение загрязнений и повысить эффективность работы очистных сооружений в целом [14].

Научная работа была проведена на очистных сооружениях села Маячный городского округа Кумертау Республики Башкортостан производительностью 1000 м³/сут. Результаты проведенных нами расчетов показывают, что установка на очистных сооружениях теплового насоса теплопроизводительностью 90 кВт с дебетом теплоносителя в 15 м³/час позволяет в холодный период года обеспечить подогрев поступающих сточных вод до температуры 21,4 °С и полностью покрыть затраты на систему отопления и горячего водоснабжения помещений.

Экономическая оценка предполагаемого решения показывает, что годовые эксплуатационные затраты на подогрев сточных вод и обеспечение нужд очистных сооружений в отоплении и горячем водоснабжении с применением теплового насоса в 6,5 раз меньше чем потребовались бы для системы электрообогрева резервуара саморегулирующимся греющим кабелем и работы электрического котла, и в 3,4 раза меньше чем для эксплуатации газовой котельной необходимой тепловой мощности. Ожидаемый срок окупаемости составит 2,5 года.

Интересным источником тепловой энергии для очистных сооружений являются системы охлаждения вычислительного оборудования. Отсутствие необходимости в большом количестве обслуживающего персонала в вычислительных центрах позволяет разместить такие объекты в непосредственной близости от санитарно-защитной зоны очистных сооружений. В летнее время выделяемую тепловую энергию можно использовать для сушки или на иловых площадках.

Вовлечение вторичных энергетических ресурсов дает возможность существенно снизить энергопотребление и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, это позволяет экономить на затратах на энергию и повысить общую эффективность работы очистных сооружений.

Список использованных источников

1. Хабилов, Ю. М. Использование вторичной тепловой энергии в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения зданий и сооружений / Ю. М. Хабилов, И. С. Хамидуллин // материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: ст. и тез. / Уфимский гос. нефт. тех. ун-т – Уфа, 2023. – С. 84–88.
2. Салихов, Р. Б. Система мониторинга удаленного управления температурным режимом, климатом и теплопотреблением / Р. Б. Салихов, В. Х. Абдрахманов, К. В. Важаев // Актуальные проблемы электронного машиностроения (АПЭП-2016) : материалы XIII международной научно-практической конференции. – В 12 томах. 2016. – С. 241–245.
3. Валиахметова, Ю. И. Исследование различных комбинаций утепления пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты / Ю. И. Валиахметова [и др.] // Строительство и техногенная безопасность. – 2020. – № 19 (71). – С. 27–35.
4. Юмалин, Т. Т. Беспроводная система контроля качества окружающей среды / Т. Т. Юмалин [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 232–242.
5. Куницкий, В. А. Использование теплообменного аппарата для рекуперации тепловой энергии сточной душевой воды / В. А. Куницкий // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: технические науки. – 2020. – № 1 (7). – С. 19 – 22.

6. Перепелица, Н. С. Экспериментальная методика исследования теплообменника для рекуперации тепла сточных вод / Н. С. Перепелица // Лучшая студенческая статья-2021: сб. ст. XXXIX Международного научно - исследовательского конкурса; – Пенза : Наука и Просвещение, 2021. – 302 с.
7. Кобылкина, А. В. Оценка эффективности рекуперации теплоты «серых» стоков малогабаритными устройствами / А. В. Кобылкина, М. В. Кобылкин, Ю. О. Риккер // Colloquium-journal. – 2021. – № 16 (103). – С. 17–19.
8. Салихов, Р. Б. Разработка автоматизированной системы экологического мониторинга с применением технологий ИОТ / Р. Б. Салихов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 2. – С. 60–72.
9. Важаев, К. В. Управление качеством функционирования технологической линии водоснабжения с использованием современных датчиков / К. В. Важаев [и др.] // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 13 (65). – С. 127–132.
10. Важаев, К. В. Автоматизированная многофункциональная система контроля утечки газа с использованием беспроводной технологии / К. В. Важаев, М. А. Ураксеев, В. А. Мартяшева // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 97–105.
11. Urakseev, M. A. Microcontroller information-measuring systems on bragg gratings / M. A. Urakseev, K. V. Vazhdaev, A. R. Sagadeev // 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, – ICIEAM – 2019. – С. 874–929.
12. Алферова, Т. В. Перспективы использования энергосберегающего оборудования в вагоноремонтном производстве / Т. В. Алферова, В. Ф. Разон, Н. С. Бирилло // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. – № 4 (17). – С. 34–39.
13. Аннаев, М. Использование тепла канализационных стоков на нужды отопления студенческого общежития / М. Аннаев, Ш. Акмурадов // Материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, – 2020.
14. Кирсанов, В. В. Влияние температуры в аэротенках на эффективность биоочистки основных ингредиентов промышленных сточных вод химического предприятия / В. В. Кирсанов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 24 (16). – С. 89–90.

Ханчаев Б. А., Сарыев В. Б.

ПРОИЗВОДСТВО «ЗЕЛЕННОГО» ВОДОРОДА В ТУРКМЕНИСТАНЕ: ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Государственный энергетический институт Туркменистана, Ханчаев Б. А. – специалист, Сарыев В. Б. – аспирант

Современный мир сталкивается с двойным вызовом в области энергетики: необходимостью снижения зависимости от традиционных источников энергии и сокращения воздействия на окружающую среду. В этом контексте ВИЭ и производство

"зеленого" водорода представляют собой перспективные пути для достижения устойчивости в энергетике. Туркменистан, обладая значительным потенциалом ВИЭ, становится объектом внимания в разработке и внедрении инновационных подходов к энергетическому развитию [1].

Методология проекта включает в себя расчет объема производимой электроэнергии, определение стоимости реализации проекта и его окупаемости. В рамках исследования моделировался объект, состоящий из фотоэлектрической солнечной станции мощностью 100 МВт, электролизера мощностью 50 МВт и установок обратного осмоса с производительностью 80 тонн воды в сутки [2].

Результаты и выводы: Для оценки перспективы совместной работы источников солнечной энергии и электролизера для производства водорода на территории Туркменистана в качестве источника электрической энергии были выбраны ФСС установленными мощностями 100 МВт каждый в Марыйском и Лебапском велаятах в населенных пунктах Серхетабат и Керки. Принято, что потребителями ФСС являются только электролизер и опреснительная установка. В расчетах использовали технические данные электролизера с мощностью 1 МВт. Был выполнен расчет объема электрической энергии, вырабатываемой такой ФСС в течение года:

На главной странице можно создать новые технические данные, проектов и контролировать список созданных проектов (рисунок 1).

$$E = E_{udel,\beta} \cdot S = \sum_{i=1}^{12} E_{i,\beta} \cdot \eta_p \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_m \cdot S, \quad (1)$$

где E – выработка ФСС в год; $E_{udel,\beta}$ – удельная выработка ФСС с учетом наклона β в течении года; S – площадь ФСС; $E_{i,\beta}$ – приход солнечной энергии на оптимально ориентированную площадку с углом наклона $\beta = 36^\circ$ на широтах расположения ФСС в i -том месяце. Потери η_p на ФСС составляет до 25 %, а КПД η_{inv} преобразования из постоянного в переменный ток составляет 98,8 %, принятый КПД η_m солнечного модуля 19,2 %.

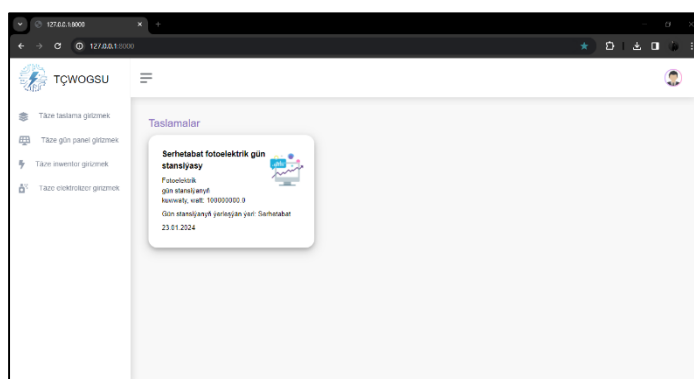


Рисунок 1 – Главная: Список созданных проектов

Количество суммарной солнечной энергии, поступающей на поверхность солнечной панели, расположенной на населенном пункте под углом наклона $\beta = 36^\circ$ южной ориентации: Серхетабат (Кушки), Марыйский велаят: 1892, 972 кВт·ч/м² год.

Мощность электролизера была выбрана исходя из того, что ФСС будет покрывать его потребности в электроэнергии, следовательно, производство водорода будет зависеть от выработки и режима работы ФСС. Исходя из этого, было решено выбрать электролизер мощностью 50 МВт [3].

Используя данные, приведенные в рисунке 4, была рассчитана масса водорода, получаемая выбранным электролизером соответствующей мощностью:

$$m = \sum_{i=1}^{12} m_i = \sum_{i=1}^{12} \eta_{el} \cdot t_i \cdot N_i, \quad (2)$$

где m – масса полученного водорода в течении года; m_i – масса водорода, получаемая электролизером в i -том месяце; η_{el} – эффективность работы электролизера; t_i – количество часов работы электролизера с установленной максимальной производительностью в день; N_i – количество дней в месяце.

Определены баланс энергии, вырабатываемой и потребляемой элементами системы получения водорода (таблица 1).

Таблица 1. Основные результаты проекта

Серхетабат (Кушки) Географические координаты: с. ш 35,20 ⁰ , в. д 62,40 ⁰								
месяцы	дни	количество часов	H ₂ , объем, кг, в день	H ₂ , объем, кг, в месяц	Потребляемая энергия электролизера, кВт·ч (1 МВт)	H ₂ , объем, кг, в месяц (50 МВт)	Потребляемая энергия электролизера, кВт·ч (50 МВт)	E _{i,месяц} , кВт·ч·10 ⁶
1	31	3	81	2511	122537	125550	6,127	8,422
2	28	3	81	2268	110678	113400	5,534	8,989
3	31	5	135	4185	204228	209250	10,211	10,697
4	30	5	135	4050	197640	202500	9,882	12,019
5	31	5	135	4185	204228	209250	10,211	13,456
6	30	6	162	4860	237168	243000	11,858	13,586
7	31	6	162	5022	245074	251100	12,254	13,929
8	31	6	162	5022	245074	251100	12,254	14,642
9	30	5	135	4050	197640	202500	9,882	14,023
10	31	5	135	4185	204228	209250	10,211	12,810
11	30	5	135	4050	197640	202500	9,882	9,973
12	31	3	81	2511	122537	125550	6,127	8,006
год				46899	2288672	2344950	114,433	140,552

В данном проекте рассматривается строительство фотоэлектрических солнечных станций (ФСС) установленными мощностями 100 МВт в Марыйском и Лебапском веляях в населенных пунктах Серхетабат и Керки, основные полученные результаты приведены в таблице 1. Реализация данного проекта позволяет производить в течении года 2344,95 т «зеленого» водорода.

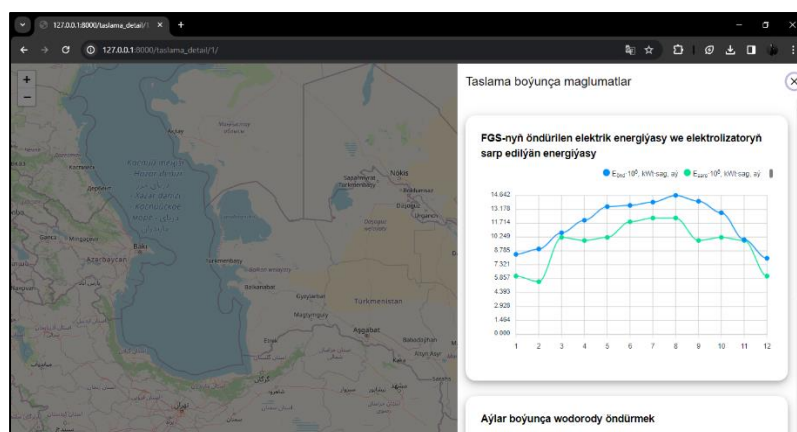


Рисунок 2 – Карта: Вырабатываемая электрическая энергия ФСС и потребляемая энергия электролизера (синий. выруб. энерг. ФСС, зеленый. потребл. энерг. электролизера)

В созданном проекте интегрировано с геоинформационными системами для визуализации данных на картах. Реализовали алгоритмы для расчета эффективности и оптимизации параметров (рисунки 2, 3, 4, 5).

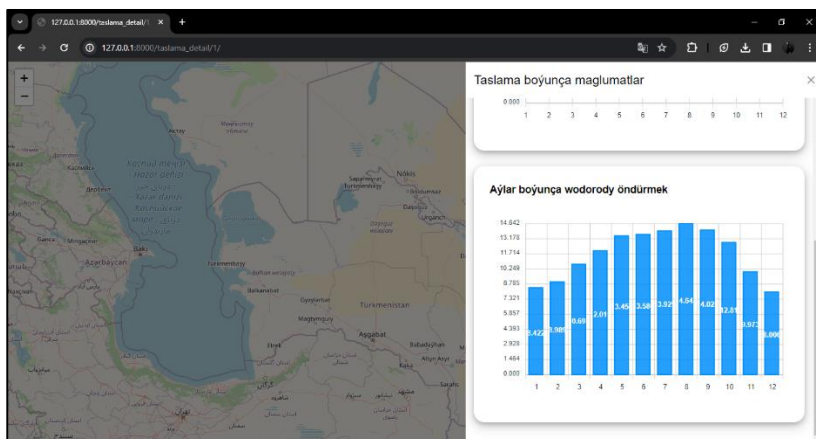


Рисунок 3 – Карта: Производство водорода в течении месяца

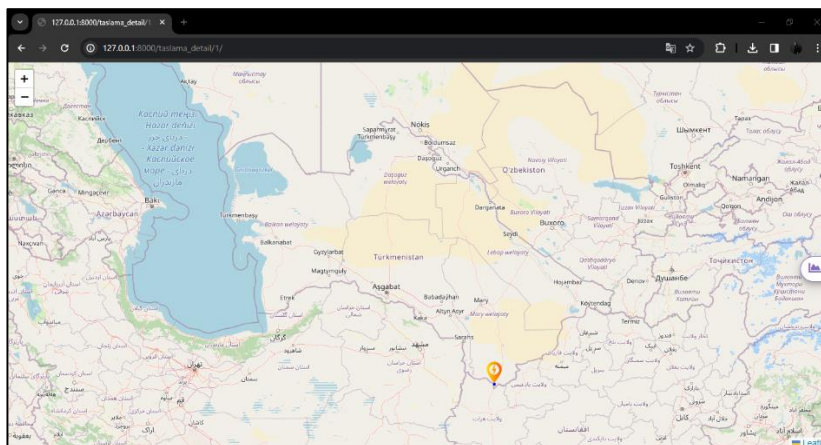


Рисунок 4 – Карта: Подробная информация о созданном проекте

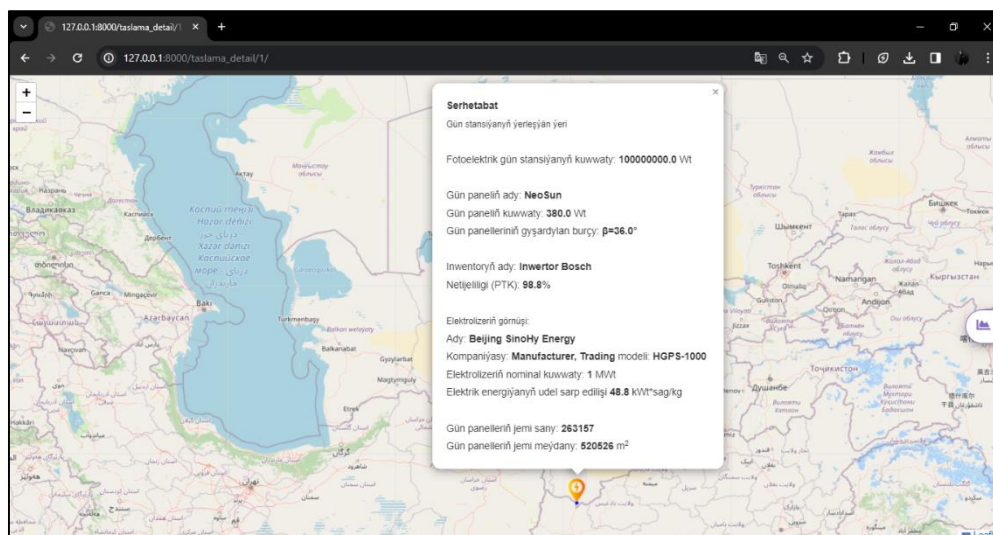


Рисунок 5 – Карта: Отображение данных о производстве энергии, потреблении, эффективности ВИЭ и других параметрах

Внедрение программного обеспечения, представленного в исследовании, способно значительно повысить прозрачность и оперативность в управлении энергетическими ресурсами. Путем анализа данных и разработки оптимальных

стратегий использования ВИЭ, создаются условия для сокращения зависимости от традиционных источников энергии, снижения выбросов углерода и улучшения экологического следа.

Важным аспектом в проекте устойчивости является не только технологическое решение, но и роль исследования в формировании стратегий устойчивого энергетического будущего. Программное обеспечение, предоставленное в рамках данного исследования, несомненно, служит инструментом для принятия информированных решений, способствуя устойчивому развитию энергетического комплекса и создавая благоприятные условия для перехода к "зеленой" энергетике в регионе.

Вывод

Представленное исследование не только предлагает технологическое решение в виде комплексного программного обеспечения, но также является важным вкладом в стратегическое формирование устойчивого энергетического будущего для региона. Акцентирование на анализе энергетических систем, оптимизации использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и эффективности производства "зеленого" водорода открывает перспективы для устойчивого энергетического развития.

Список использованных источников

1. Экономический и социальный совет. ООН. ECE/Energy/2022/8. Distr.: General 13 July 2022, Russian Original: English.
2. “Türkmenistanyň wodorod energiýasy babatda halkara hyzmatdaşlygy ösdürmek boýunça 2022-2023-nji ýyllar üçin ÝOL KARTASY”. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýylyň 28-nji ýanwarynda çykaran 2581-nji Karary bilen tassyklanyldy.
3. Пути развития водородной энергетики в Туркменистане. А. Я. Джумаев. // Сборник научных трудов «Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем» Гомель. Республика Беларусь. 2023. С. 105-108.

Черноиван Н. В., Вашкевич Р. И.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФАСАДОВ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Брестский государственный технический университет

Сегодня в Республике Беларусь эксплуатируется около 195–197 млн м² жилищного фонда, построенного по нормативам, действующим до 1994 года, когда сопротивление теплопередаче наружных стен не превышало $R = 1,0 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Объем крупнопанельных зданий, построенных до 1994 года, составляет более 60 % эксплуатируемого сегодня жилищного фонда. Обследования технического состояния жилых крупнопанельных зданий, построенных в 60-х–90-х годах прошлого столетия, выполненные специалистами ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С. С.», свидетельствуют о том, что после длительной эксплуатации жилищный фонд не удовлетворяет современным требованиям по теплотехническим характеристикам [1]. Высокий уровень энергопотребления на отопление объясняется низким

сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых жилых зданий. Очевидно, что для обеспечения комфортных условий проживания в эксплуатируемых крупнопанельных жилых зданиях, построенных с сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций ниже требований, установленных на сегодня и постоянном росте цен на энергоресурсы на мировом рынке, оптимальной является разработка эффективных конструктивно-технологических решений, позволяющих обеспечить восстановление теплотехнических характеристик эксплуатируемых ограждающих конструкций до установленных на сегодня требований.

Как правило, восстановление теплотехнических характеристик фасадов эксплуатируемых зданий выполняется с применением конструктивно-технологического решения «легкая штукатурная система». Недостатками этого решения утепления фасадов зданий являются высокая трудоемкость производства работ: установка и последующий демонтаж строительных лесов по всему периметру здания; выполнение большого объема ручных технологических процессов: выравнивание поверхности утепляемых стен штукатурным раствором, устройство декоративно-защитного слоя; большой расход металла на крепление теплоизоляционных плитных материалов к утепляемой поверхности.

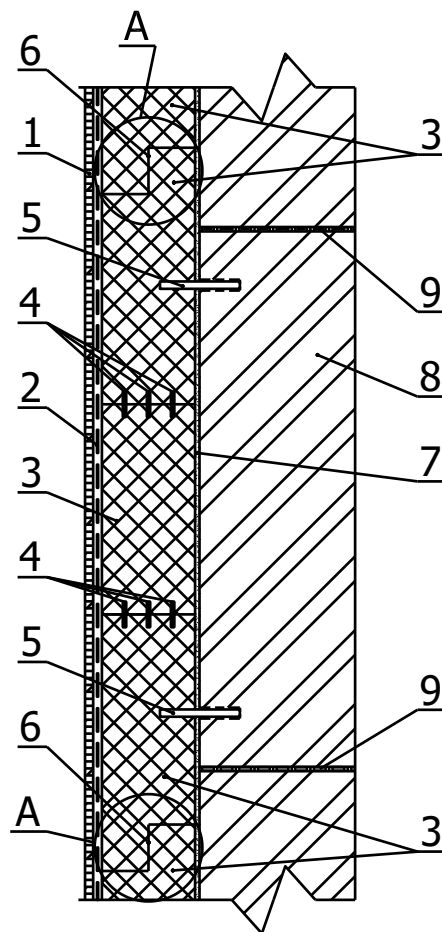
Как показывает практика, тепловая реабилитация панельных зданий с применением утепления «легкая штукатурная система» за счет выполнения работ по теплоизоляции и герметизации горизонтальных и вертикальных стыков на фасадах крупнопанельных зданий существенно, по сравнению с кирпичными зданиями, увеличивает трудоемкость и стоимость производства работ. Учитывая это, такая технология практически не применяется.

Очевидно, что для обеспечения комфортных условий проживания в крупнопанельных зданиях, построенных до 1994 года, когда сопротивление теплопередаче наружных стен не превышало $R = 1,0 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, необходимо увеличить сопротивление теплопередаче фасадов таких жилых зданий.

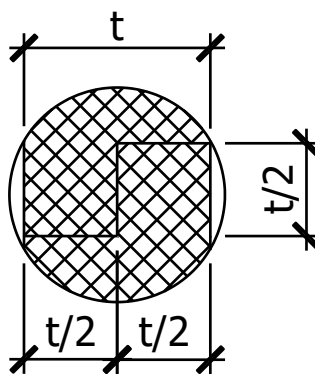
Автором публикации предлагается для снижения трудоемкости производства работ по тепловой реабилитации фасадов эксплуатируемых крупнопанельных зданий применить теплоизоляционную облицовочную фасадную панель заводского изготовления (рисунок 1).

Предлагаемая конструкция состоит из плитных теплоизоляционных материалов, соединенных в заводских условиях с помощью стеклопластиковых штифтов в облицовочную панель размерами, перекрывающими стыки на фасаде здания, что обеспечивает полную теплоизоляцию и герметизацию вертикальных и горизонтальных стыков на фасаде утепляемых эксплуатируемых крупнопанельных зданий. Устройство на наружной поверхности фасадной панели в заводских условиях декоративно-защитного и окрасочного слоев, а также применение стыка типа «фолдинг» между теплоизоляционными фасадными панелями, позволяет существенно снизить трудоемкость производства работ и исключить появление «мостиков холода» на утепленной поверхности в процессе эксплуатации.

Применение рекомендуемой теплоизоляционной облицовочной фасадной панели заводского изготовления для восстановления теплотехнических характеристик фасадов эксплуатируемых крупнопанельных зданий позволяет практически полностью исключить все трудоемкие ручные технологические операции.



Узел А



1 – декоративно-защитный слой; 2 – армирующий слой; 3 – плитный теплоизоляционный материал; 4 – стеклопластиковый штифт; 5 – стеклопластиковый анкер-фиксатор; 6 – стык «фолдинг»; 7 – полимерная клеевая композиция; 8 – утепляемая поверхность (сборная ж/б стеновая панель); 9 – стык между стеновыми панелями

Рисунок 1 – Теплоизоляционная облицовочная фасадная панель

Наличие в фасадных панелях стеклопластиковых анкеров-фиксаторов позволяет существенно снизить трудоемкость установки теплоизоляционных фасадных панелей в проектное положение. Устройство вертикальных и горизонтальных стыков между теплоизоляционными фасадными панелями типа «фолдинг» позволяет полностью исключить ручные операции по выполнению защитного слоя стыков теплоизоляционных облицовочных панелей, а также обеспечить необходимую прочность соединения теплоизоляционной фасадной панели с утепляемой конструкцией без устройства дополнительного крепления.

Установка и закрепление теплоизоляционных фасадных панелей в проектное положение осуществляется в следующей технологической последовательности.

Вначале на утепляемом фасаде размечают места размещения установочных анкеров-фиксаторов и сверлят под них отверстия (шпуры). Крепление теплоизоляционных облицовочных фасадных панелей к утепляемому стеновому ограждению выполняется на полимерном клеевом составе, без применения дополнительных крепежных элементов (дюбелей-анкеров), в полном соответствии с технологией, рекомендуемой [2]. До закрепления теплоизоляционной облицовочной фасадной панели в проектное положение на соединяемые поверхности (пазы) стыков типа «фолдинг» с помощью валика (кисти) наносят фасадный клей-герметик СЕММІХ. Этот клей удобен в применении, может наноситься в широком диапазоне температур (в том числе, при отрицательных температурах и на влажных поверхностях), быстро отверждается под влиянием влаги из воздуха.

Заключение

Технико-экономический эффект предлагаемого конструктивно-технологического решения восстановления теплотехнических характеристик фасадов эксплуатируемых крупнопанельных зданий заключается:

- в снижении трудоемкости подготовительных работ и основных технологических процессов;
- повышении теплотехнических характеристик утепленного фасада за счет применения теплоизоляционных облицовочных фасадных панелей, площадь которых обеспечивает полную теплоизоляцию и герметизацию вертикальных и горизонтальных стыков на фасадах крупнопанельных зданий;
- применение стыка типа «фолдинг» позволяет полностью исключить работы по выполнению защитного слоя стыков теплоизоляционных облицовочных панелей, а также обеспечить необходимую прочность соединения теплоизоляционной фасадной панели с утепляемой конструкцией только на полимерном клеевом составе, без применения дополнительных крепежных элементов (дюбелей-анкеров).

Список использованных источников

1. В.М. Пилипенко, В. М. Анализ рынка жилищного строительства / В. М. Пилипенко // ПРООН/ГЭФ. Проект № 00077154 Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь. – Минск, 2018. – 18 с.
2. Технологическая карта на устройство легкой штукатурной системы «Илмакс»: ТК-100289293.1211-2020. – Введ. 03.08.2020. – Минск : ОАО «Стройкомплекс», 2020. – 174 с.
3. К вопросу создания и эксплуатации легких штукатурных систем зданий / В. М. Пилипенко, В. Н. Черноиван, Н. В. Черноиван // Архитектура и строительство. – 2012. – № 1. – С. 62–67.
4. Техническое состояние конструктивных слоев утепленных наружных стен эксплуатируемых зданий / В. Н. Черноиван, В. Г. Новосельцев, Н. В. Черноиван // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 4. – С. 45–48.
5. Тепловая реабилитация фасадов эксплуатируемых панельных зданий / В. Н. Черноиван, Н. В. Черноиван // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 6. – С. 511–516. – DOI: 10.21122/2227-1031-2022-21-6-511-516.

Чернюк В. П., Шляхова Е. И.

К РАСЧЕТУ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С УШИРЕННЫМ ОСНОВАНИЕМ

Брестский государственный технический университет

В последние годы в строительстве наметилась тенденция к увеличению нагрузок на фундаменты зданий и сооружений. Это обусловлено повышением их высотности и массы конструктивных элементов, что потребовало увеличения соответственно несущей способности фундаментов по грунту основания и совершенствования методики расчета.

Повысить несущую способность фундаментов под строительные конструкции можно разными путями, основными из которых являются следующие: использование в качестве фундаментов буронабивных свай построечного изготовления с уширением нижнего конца или созданием пяты; применение сборных свайных фундаментов заводского изготовления из готовых свай с уширениями или булавами; устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах; усиление оснований фундаментов специальными составами и др. Последние три пути повышения несущей способности отличаются сложностью производства работ, шумливостью и вредными динамическими воздействиями на окружающую среду (уровень шума может превышать 100 дБ при норме 40–50 дБ), необходимостью применения мощных грузоподъемных машин и механизмов (например, кранов) или специальной техники (например, сваебойного оборудования).

В то же время фундаменты из буронабивных свай получили достаточно широкое и разнообразное применение в промышленном, гражданском, и особенно, сельскохозяйственном строительстве ввиду бесшумности производства работ, отсутствия динамических воздействий, простоты технологического процесса и необходимости применения мощной, дорогостоящей и специальной техники.

В особенности это касается буронабивных свай с уширением на нижнем конце или с пятой либо с уширенным основанием в забое скважин, так как небольшое по объему уширение (всего 0,5–0,75 м³) позволит значительно увеличить площадь опирания сваи на грунт (в 3–4 раза) и тем самым повысить несущую способность такой сваи по грунту оснований (в 2–3 раза). В ряде случаев это может быть единственным возможным вариантом фундирования строительных конструкций.

Например, наиболее широко распространенная и применяемая в строительстве забивная свая имеет размеры ствола в поречнике $a \cdot b = 0,3 \cdot 0,3$ м, а площадь ее опирания на грунт составляет $A = a \cdot b = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09$ м². Такая же буронабивная свая, но с уширением на нижнем конце (пятой) диаметром D (всего лишь $D = 0,6$ м) имеет площадь опирания на грунт $A = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,6^2 / 4 = 0,283$ м². Следовательно, данная буронабивная свая с уширением на нижнем конце имеет преимущество перед забивной сваей по площади опирания на грунт в $0,283/0,09 = 3,14$ раза. Таким образом, несущая способность буронабивной сваи F по грунту основания с небольшой пятой превосходит несущую способность забивной сваи, как минимум, в три раза, не считая в обоих случаях сопротивлений сдвигу по их боковым поверхностям.

Уширение в скважине перед установкой сваи существенно увеличивает не только абсолютную несущую способность сваи F , но и значительно экономит удельный расход бетона V (в м³ на 1 тонну несущей способности F), т. е. V/F ,

вследствие малого объема бетона в пяте, величина которого в таком случае (в виде шара) составляет $V = \pi * D^3 / 6 = 3,14 * 0,6^3 / 6 = 0,113 \text{ м}^3$, т. е. чуть больше $0,1 \text{ м}^3$. Техническая и экономическая целесообразность устройства буронабивных свай с уширенной пятой несомненна, вследствие значительного увеличения их несущей способности F , сокращения времени на устройство и экономию затраченного материала, т. е. бетона.

В мировой практике разработаны различные способы образования уширений под такие буронабивные сваи (с пятой). Это буронабивные сваи с уширениями, разбуриваемыми специальными машинами механического действия, однако они сложны по конструкции. Применяются способы образования уплотненных ядер ударами (вытрамбованные сваи), но это требует использования дорогостоящей, но малоэффективной техники. Известны способы создания уширения взрывами (камуфлетные сваи), но они весьма опасны и не всегда применимы. В Беларуси разработаны, но мало применяются выштампованные сваи, частично похожие на вытрамбованные, сложность применения которых заключается в малой области использования (только для теплиц) и трудности извлечения штампов и трамбовок из грунта [1].

Имеются также сваи подобного назначения – буронабивные сваи с уплотнением грунта в забое скважин, грунтобетонные и вибропесчаные сваи, которые также малоэффективны.

В БрГТУ авторами предложено около сотни разработок для образования уширений и пят, уширенных оснований, уплотненных зон, как в забое, так и в стенках скважин, все они защищены патентами Республики Беларусь и Российской Федерации на изобретения и полезные модели, а также а. с. СССР [2].

Расчет несущей способности буронабивных свай с уширениями F_d по грунту основания может быть выполнен согласно СНБ 5.01.01-99. Проблемы могут возникнуть только при определении площади опирания сваи на грунт A (свая и ее уширение опираются на грунт глубоко в забое скважины и определить размеры уширения непосредственными измерениями невозможно).

По этой причине авторы предлагают определять значение A расчетом, т. е. косвенным путем, по расходу жесткого (густого) бетона на образование уширения в скважине. Для этого вначале бурится скважина диаметром d на глубину H (рисунке 1.1), затем ее заполняют порцией бетона ΔV на высоту h в скважине (рисунок 1.2). На третьем этапе (рисунок 1.3) бетонную смесь трамбуют тупым штоком ниже глубины H для образования уширения диаметром D в скважине. Глубину H можно замерять с поверхности линейкой или лентой, а высоту h (при необходимости) – рассчитывать по выражению

$$h = \Delta V / \frac{\pi \cdot d^2}{4}.$$

Считая уширение в скважине шарообразным или близким к нему (во всех других случаях – не шарообразность или эллиптичность – идет в запас прочности). Диаметр уширения D и площадь уширения A можно рассчитать по формулам

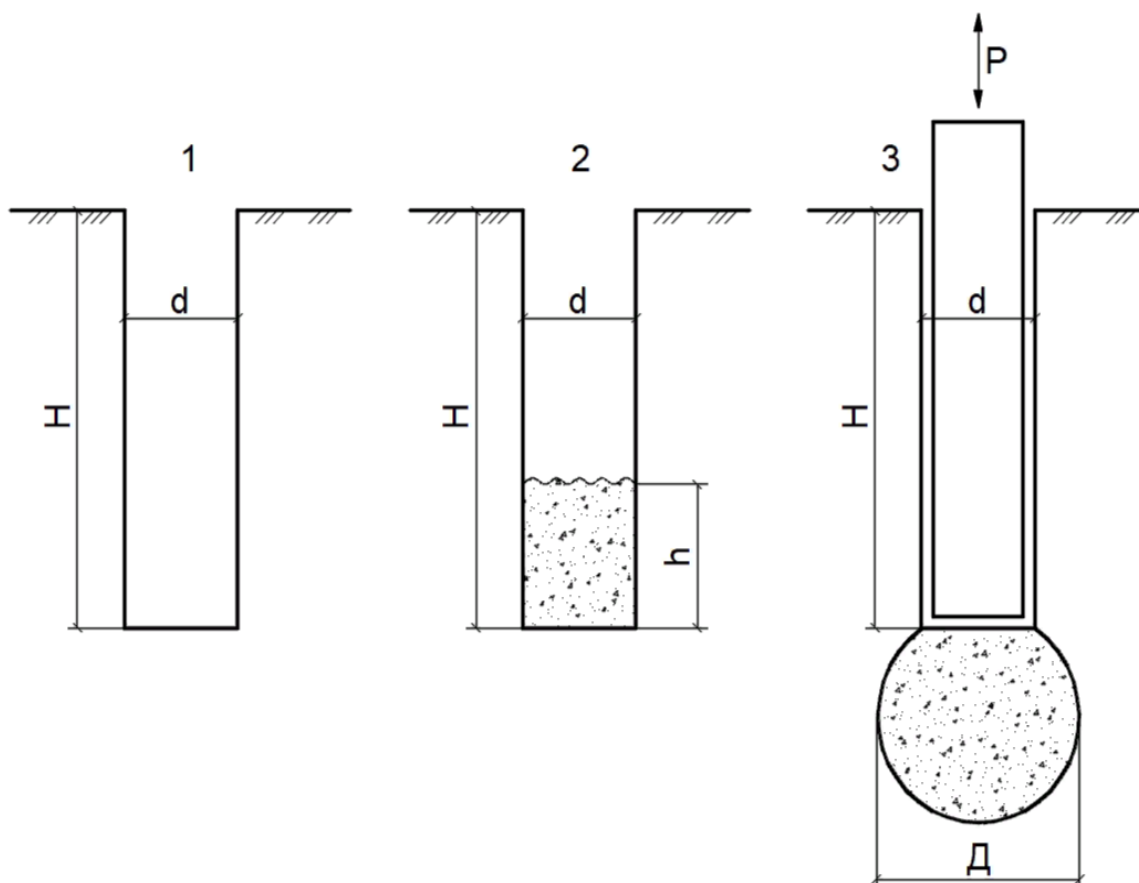
$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot \Delta H}{\pi}}; \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2)$$

где D и A – диаметр и площадь уширения, в м и м^2 ;

ΔH – объем залитого в скважину бетона, в м^3 ;

H и d – глубина и диаметр скважины, в м.



- 1 - бурение скважины;
 2 - заполнение скважины порции жесткого бетона;
 3 – трамбование бетонной смеси в скважине

Рисунок 1 – Этапы образования уширения в скважине

Например, $d = 0,3\text{ м}$; $H = 10\text{ м}$; замеренный в бадье объем бетона $\Delta V = 0,25\text{ м}^3$.

Тогда высота бетона в скважине составит: $h = \Delta V / \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,25 / \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 3,54\text{ м}$, а после трамбования диаметр уширения: $D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot \Delta H}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,25}{3,14}} = 0,781\text{ м}$, и площадь уширения: $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,781^2}{4} = 0,479\text{ м}^2$.

Площадь опирания свай без уширения F на грунт равна площади поперечного сечения скважины: $F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 0,07\text{ м}^2$.

Следовательно, площадь опирания уширения (пяты) превышает площадь скважины в $A/F = 0,479/0,07 = 6,8$ раза, а значит несущая способность такой буронабивной сваи с уширением (без расчетов) превысит несущую способность свай без уширения (или забивной свай) минимум в 4–5 раз.

Список использованных источников

1. Чернюк, В. П. Технология свайных работ в особых условиях строительства: учеб. пособие / В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова. – М. : РУСАЙНС, 2019. – 242 с.
2. Прогрессивные технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах: материалы VII Международной научно-практической конференции, Омск, 24–25 ноября 2022 г. / Сиб. гос. автомоб.-дор. ун-т ; редкол.: В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова. – Омск : СибАДИ, 2022. – С. 520–524.

ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНВЕКЦИИ ЦИФРОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Кафедра науки и технологий Академии наук Туркменистана, старший преподаватель

Аннотация

В работе рассматривается задача моделирования свободной конвекции в прямоугольнике. Приводятся результаты вычислений интегрального числа Нуссельта при разных значениях числа Грасгофа и отношений сторон прямоугольника. Также уточнено, что при малых ошибках в процессе вычисления поля скоростей приводят к заметным отклонениям решения от стационарного значения, и при использовании стационарного решателя итерационный процесс не сходится. Поэтому при вычислении свободной конвекции для больших значений числа Грасгофа, даже при стационарной постановке, необходимо использование нестационарного решателя.

Ключевые слова: число Грасгофа, число Нуссельта, свободная конвекция, MATLAB, COMSOL Multiphysics.

В статье рассматривается задача моделирования свободной конвекции в прямоугольнике. Свободная конвекция жидкостей очень важна в геофизике, где благодаря разнице плотности происходит движение жидкостей, например, на побережье и озерах. В примере, приводимом ниже, свободная конвекция жидкости происходит из-за разности плотностей, которая возникает благодаря вариациям температуры, от которой зависит плотность.

На рисунке 1 изображена геометрия модели. Будем рассматривать стационарную свободную конвекцию в прямоугольной области шириной L и высотой H . В рамках такой постановки поле течения и перенос тепла в рассматриваемой области описывается системой уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска (В. И. Полежаев, А. В. Бунэ, Н. А. Верзуб, Г. С. Глушко, В. Л. Грязнов, К. Г. Дубовик, С. А. Никитин, А. И. Простомолотов, А. И. Федосеев, С. Г. Черкасов 1987 г.):

$$\rho(\mathbf{u}\nabla)\mathbf{u} = -\nabla p + \eta \nabla^2 \mathbf{u} + \rho_0 \mathbf{g} \beta (T - T_0), \quad (1)$$

$$\nabla \mathbf{u} = 0, \quad (2)$$

$$\rho C_p \mathbf{u} \nabla T - \nabla(k \nabla T) = 0, \quad (3)$$

здесь $\mathbf{u} = \mathbf{u}(x, y) = (u, v)$ – поле скоростей, $p(x, y)$ – давление, ρ – плотность жидкости, η – динамическая вязкость, C_p – теплоемкость при постоянном давлении, k – коэффициент теплопроводности, T_0 – характерная температура, ρ_0 – плотность жидкости при температуре T_0 , β – коэффициент теплового расширения.

Для однозначного решения задачи помимо уравнений нужно задавать пограничные условия. Для уравнения Навье-Стокса на границе ставится условие прилипания (т. е. оба компонента скорости обращаются в ноль) и задается давление в левом нижнем углу ($p = p_0$). Что касается пограничных условий для температуры, то считается, что на вертикальных сторонах прямоугольника поддерживаются постоянные температуры ($T = T_0$ в левой и $T = T_1$ на правой стороне), а горизонтальные стороны теплоизолированы.

Для рассматриваемой задачи относительная вариация температуры $|T - T_0| / (T_1 + T_0) \ll 1$, так что коэффициенты уравнений (которые, вообще говоря, зависят от температуры) можно считать постоянными: $\rho = \rho_0$, $\eta = \text{const}$, $k = \text{const}$, $C_p = \text{const}$.

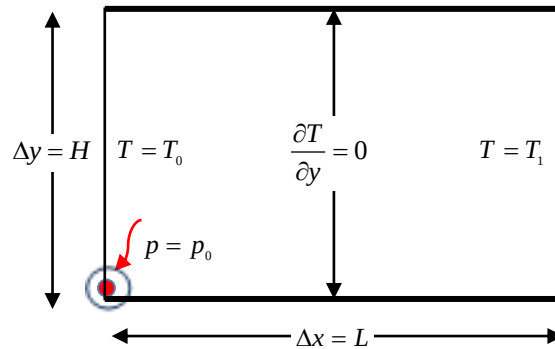


Рисунок 1 – Геометрия задачи о свободном конвекции на прямоугольнике

Перейдем к постановке задачи в безразмерных переменных:

$$x' = \frac{x}{L}, y' = \frac{y}{L}, u' = \frac{u}{U}, v' = \frac{v}{U}, p' = \frac{p - p_0}{\rho_0 U^2}, T' = \frac{T - T_1}{T_0 - T_1},$$

$$U = \frac{\eta}{\rho_0 L}$$

здесь $\frac{\eta}{\rho_0 L}$ – величина имеющее размерность скорости (m/s).

Здесь и далее полагаем, $T_0 > T_1$, т. е. левая сторона горячее, чем правая. Тогда система уравнений, которая описывает рассматриваемый процесс, будет иметь вид:

$$(\mathbf{u}' \cdot \nabla) \mathbf{u}' = -\nabla p' + \nabla^2 \mathbf{u}' + \mathbf{e}_y \text{Gr} \cdot T', \quad (4)$$

$$\nabla \mathbf{u}' = 0, \quad (5)$$

$$\mathbf{u}' \cdot \nabla \cdot T' = \frac{1}{\text{Pr}} \nabla^2 T', \quad (6)$$

здесь $\mathbf{e}_y = (0, 1)$ – единичный вектор направленный вдоль оси Oy, $\text{Gr} = g\beta(T_0 - T_1)L^3\rho^2/\eta^2$ – число Грасгофа, $\text{Pr} = \eta\rho_0 C_p / (\rho k)$ – число Прандтля (безразмерные величины).

Геометрия задачи и граничные условия изображены на рисунке 2. Здесь $A = H/L$ – отношение длины сторон исходного прямоугольника.

Как видно из уравнения (1), с ростом числа Грасгофа вязкие члены становятся менее значимым за исключением вблизи границы, где происходят большие перепады зависимых переменных. Поэтому очень важно подобрать правильную стратегию выбора сетки: внутри области она может быть достаточно грубой, но должна сгущаться при приближении к границе. Еще немаловажным аспектом правильного решения поставленной задачи является удачный выбор начального приближения. Этот вопрос успешно решается с выбором параметрического решателя по числу Грасгофа. При этом число Прандтля остается постоянным.

Мы будем считать $\text{Pr} = 0.7$ (что соответствует воздуху при нормальной температуре), а число Грасгофа будем брать из диапазоне $10^3 \leq \text{Gr} \leq 10^6$. Заметим, что число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{|\mathbf{u}| L \rho}{\eta} = |\mathbf{u}'|,$$

что позволяет проследить режим течения ($Re < 2100$ – ламинарное, $Re > 2100$ – турбулентное течение).

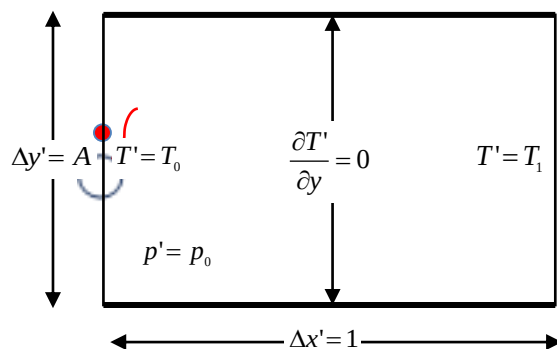


Рисунок 2 – Геометрия задачи в безразмерных переменных

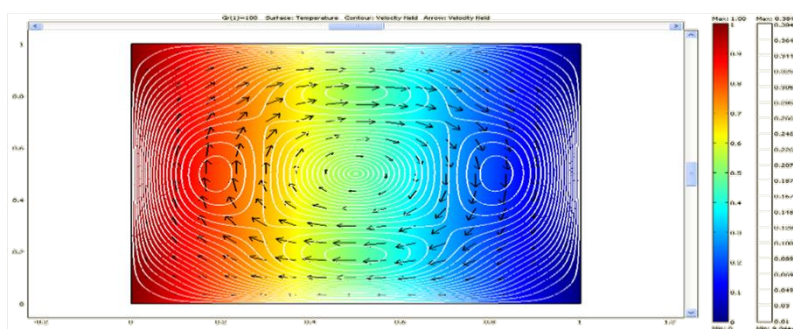


Рисунок 3 – $Gr = 10^2$: Цветное изображение – температурное поле, стрелки – поля скоростей.

Задача решена в COMSOL Multiphysics (Г. Е. Красников, О. В. Нагорнов, Н. В. Старостин 2012 г.). На рисунках 3–5 приводятся результаты расчета свободной конвекции внутри прямоугольника при различных значениях числа Грасгофа. При этом $A=1$, число Прандтля $Pr=0.7$. Температурное поле изображено цветным графиком (**surface plot**), поля скоростей стрелками (**arrows**), а линии (**contours**) соответствуют линиям уровня абсолютной безразмерной скорости $|\mathbf{u}'| = Re$. Максимальное и минимальное значение $|\mathbf{u}'|$ расположены на самом верху и самом внизу самой правой колонки рисунка. Например, при $Gr = 10^8$, как это видно из рисунка 5, $Re_{max} = 2587.27$.

Из этих рисунков видно, что в случаях, представленных на рисунках 3–4, поле течения ламинарное, а в случае (рисунок 5) – турбулентное (поскольку в последнем случае максимальное значение абсолютной безразмерной скорости, которая равна числу Рейнольдса, превосходит критическое значение, равное 2100).

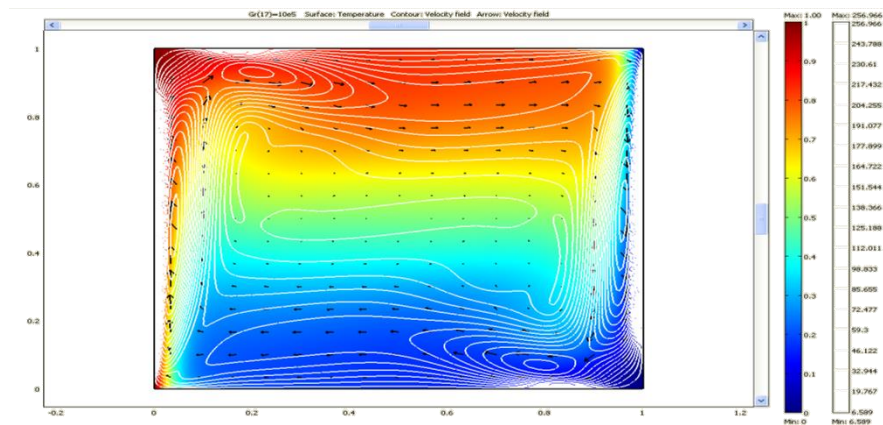


Рисунок 4 – Безразмерные решения для значения числа

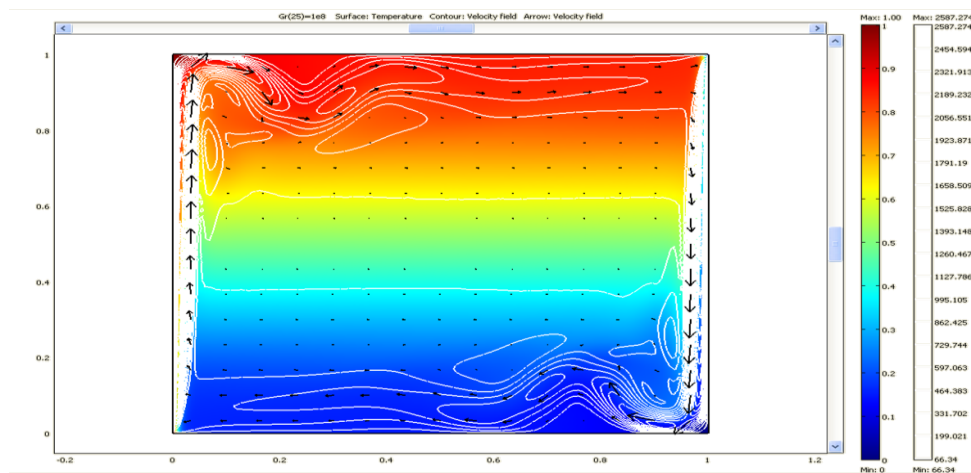


Рисунок 5 – Безразмерные решения для значения числа
Грасгофа $Gr = 10^8$

Одним из важных теплофизических зависимостей является зависимость интегрального числа Нуссельта от числа Грасгофа:

$$Nu = \frac{QL}{k(T_0 - T_1)} = f(Gr),$$

здесь: $Q = \frac{1}{H} \int_0^H \left[-k \frac{\partial T}{\partial x}(0, y) \right] dy$ – средний поток тепла в горизонтальном направлении, приходящийся на единичную длину вертикальных сторон.

Из равенства

$$Q = \frac{1}{H} \int_0^H \left(-k \frac{\partial T}{\partial x}(0, y) \right) dy = \frac{k(T_0 - T_1)}{L} \cdot \frac{1}{A} \int_0^A \left(-\frac{\partial T'}{\partial x'}(0, y') \right) dy'$$

следует

$$Nu = \frac{QL}{k(T_0 - T_1)} = \frac{1}{A} \int_0^A \left(-\frac{\partial T'}{\partial x'}(0, y') \right) dy'.$$

(7)

Таким образом, интересующая нас величина Nu является интегралом по левой стороне прямоугольника. Приведем теперь последовательность построения графика зависимости $Nu = f(Gr)$.

Применяем результат $Gr = 10^8$, полученный в COMSOL Multiphysics. В окне **Postprocessing** > **Boundary Integration** из пункта **Boundary selection** выбираем границу **1**, а из пункта **Predefined quantities** – **Convection and Conduction in Porous Media (eshcc)** > **Normal total heat flux**. Затем, появившемся поле **Expression**, выражение “ntflux_eshcc” редактируем в виде “-Pr*ntflux_eshcc”.

В COMSOL Multiphysics для данного приложения под выражением “ntflux_eshcc” подразумевается полный тепловой поток в нормальном к границе направлении. В данном случае:

$$ntflux_eshcc = \frac{1}{Pr} \cdot \frac{\partial T'}{\partial x'}.$$

Для получения Nu по формуле (7), мы должны интегрировать на границе выражение “-Pr*ntflux_eshcc”. Если рассматриваемая область не квадратная ($A \neq 1$), то применяется выражение “-(Pr/A)*ntflux_eshcc”. При этом параметр A должна быть заблаговременно (т. е. перед тем как будет проведен расчет задачи) занесена в список констант.

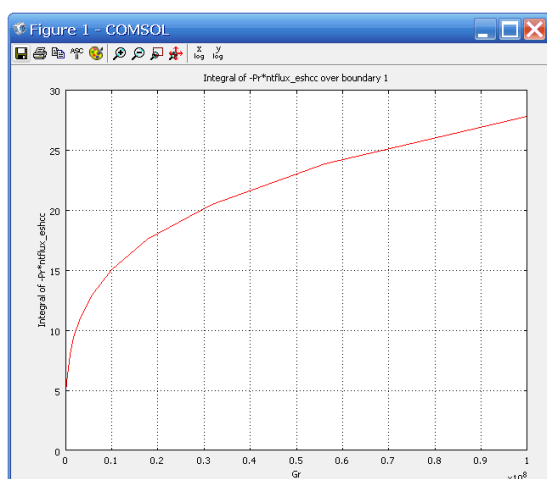


Рисунок 6 – Зависимость числа Нуссельта от числа Грасгофа

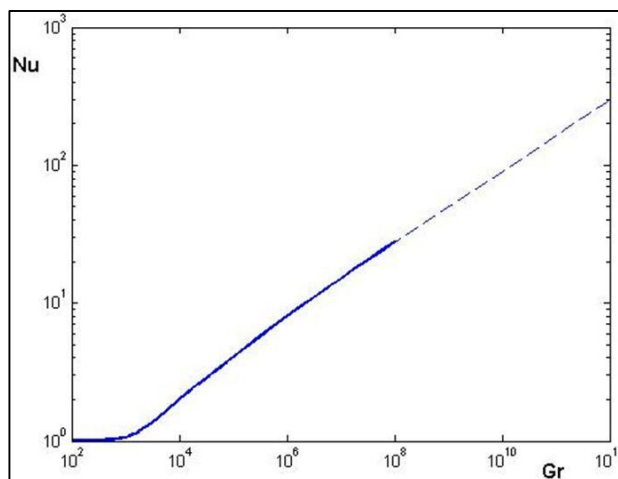


Рисунок 7 – Зависимость числа Нуссельта от числа Грасгофа при $A=1$

На рисунке 6 приведена зависимость числа Нуссельта от числа Грасгофа. После она обработана на языке MATLAB. На рисунке 7 приведены сравнения данного результата (“—”) с результатами, полученными авторами на работе (М. Н. Аşyрбайев, О. А. Gurbanmyradow, G. A. Çoranow 2009 г.) (“---”).

Сравнение результатов, полученных в COMSOL Multiphysics в двух работах при значении отношении длин сторон, приводится на рисунке 8. В этом случае, в отличие от случая $A=1$, в рамках стационарной постановки, устойчивый расчет удастся провести лишь при $Gr \leq 9 \cdot 10^6$. Действительно, на рисунке 8 изображено распределение абсолютной безразмерной скорости, т. е. числа Рейнольдса) при $A=4$, и $Gr = 5.62 \cdot 10^6$.

Из этого результата следует, что максимальное значение числа Рейнольдса при заданном значении параметров A и Gr равняется 1251.9. Это число базировалось на ширине прямоугольника, но, как видно из рисунков 3–4 и 9, максимальные скорости

течения воздуха происходят вдоль вертикальных сторон. Поэтому с физической точки зрения более корректно рассмотрение числа Рейнольдса,

$$Re_H = \frac{|\mathbf{u}| H \rho}{\eta} = A \cdot Re,$$

базирующееся на длину вертикальной стороны, которая A раз превосходит число Рейнольдса, базирующегося на ширине. Таким образом, максимальное значение числа, Re_H равняется 5007,6, что говорит о том, что поле течения турбулентное.

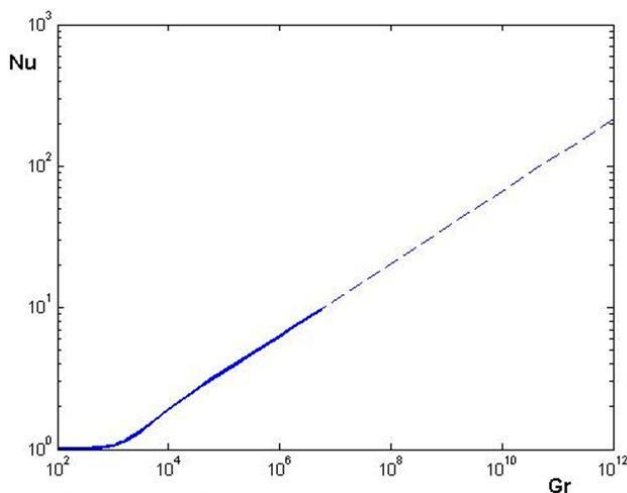


Рисунок 8 – Зависимость числа Нуссельта от числа Грасгофа при $A = 4$

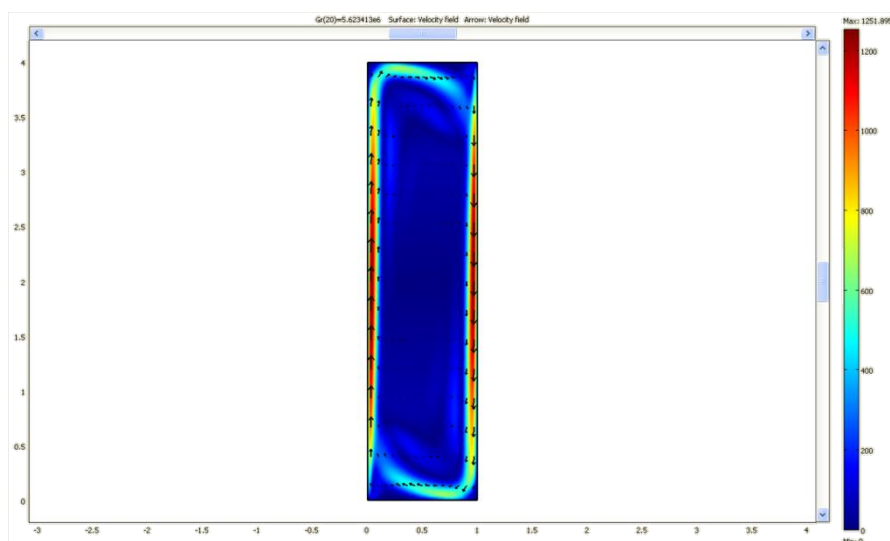


Рисунок 9 – Изображение абсолютного значения $|u|$ (surface plot) и вектора u' (arrow) безразмерной скорости при $A = 4$ we $Gr = 5.62 \cdot 10^6$

В силу сказанного, малые ошибки в процессе вычисления поля скоростей приводят к заметным отклонениям решения от стационарного значения. Поэтому, при использовании стационарного решателя, итерационный процесс не сходится.

Список использованных источников

1. Aşyrbaýew, M. H. Gönüburçlukda erkin konwektiw ýylylyk çalşygynyň Nawýe-Stoksuň iki ölçegli deňlemesiniň çäklerindäki derňewi / M. H. Aşyrbaýew, O. A. Gurbanmyradow, G. A. Çopanow / HTTU. Türkmen ylmy galkynyş we halkara gatnaşyklar ýolunda (Ylmy makalalar ýygındysy – 2), Aşgabat, Ýlym. – 2009, 186–206 s.

2. Красников, Г. Е. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics: учеб. пособие / Г. Е. Красников, О. В. Нагорнов, Н. В. Старостин; – М. : НИЯУ МИФИ, 2012. – 184 с.
3. Полежаев, В. И. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнений Навье – Стокса / В. И. Полежаев [и др.] – М. : Наука, 1987. – 273 с.

Шаламберидзе З. П., Стариков А. Н.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
УЧЕБНОГО КОРПУСА № 8 ВЛАДИМИРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Владимирский государственный университет, Шаламберидзе З. П. – директор студенческого городка, Стариков А. Н. – доцент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и гидравлика», к.т.н., доцент

Повышение энергоэффективности зданий и сооружений во Владимирском государственном университете ведется на планомерной основе. Целью энергетического обследования является оценка эффективности работы энергоиспользующего оборудования, фактического состояния энергетического оборудования, учет потребляемых и отпускаемых топливно-энергетических ресурсов, финансовой отчетности по использованию ТЭР, анализа договорных отношений с поставщиками ТЭР, затрат на энергообеспечение, и др.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

оценка фактического состояния систем энергопотребления и их учета, сравнение показателей использования ТЭР с нормативными значениями;

составление энергетического паспорта и топливно-энергетического баланса организации, прошедшей энергетическое обследование;

выявление причин нерационального и неэффективного использования ТЭР и определение резервов их экономии;

определение правильности расчетов с субабонентами и поставщиками ТЭР за потребленные энергоресурсы, а также возможности сокращения объема потребления ТЭР и расходов по их оплате.

разработка комплекса технических и организационных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности.

Объектом исследования выступает восьмой корпус Владимирского государственного университета (ВлГУ), расположенного по адресу: г. Владимир, ул. Никотская, д. 1. Университет работает в сфере образовательных услуг по направлениям: техническому, гуманитарному и педагогическому. Здание рассчитано на 392 человека ежедневно обучающихся, 55 человек профессорско-преподавательского состава, обслуживающего персонала. Арендаторов в помещениях нет.

Технические характеристики здания «Восьмой корпус ВлГУ», представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики здания корпус №8 ВлГУ (ул. Никитская, д. 1)

№ п/п	Характеристика	Размерность	Значение
1	Постройка	год	1907
2	Полный объём (строительный)	м ³	16 897
3	Площадь общая/основная/вспомогат.	м ²	2790,2/1719,5/891,7
4	Число этажей	шт.	3
5	Высота от пола до потолка	м	4,24 (3,92; 4,38; 4,43)
6	Количество окон	шт.	133
7	Площадь остекления	м ²	299
8	Материал стен	материал, м	кирпич (0,96),
9	Материал окон	материал	Дерево, пласт. стеклопак.
10	Физический износ по паспорту	%	54

Сведения о потреблении энергетических ресурсов по годам за 4 предшествующих обследованию года приведены в таблице 2.

Таблица 2. Финансовые показатели и потребление ТЭР за 2020–2023 гг.

ЭНЕРГОРЕСУРС	2020		2021		2022		2023	
Объемы финансирования производства продукции, услуг), тыс. руб. (Росс.)	4836,63		4992,36		4998,21		4996,17	
Электроэнергия, тыс. кВт/тыс. руб. (Росс.)	61,50	246,00	63,21	252,84	62,49	249,96	58,54	263,43
Тепловая энергия, Гкал/тыс. руб. (Росс.)	622,00	839,60	622,00	839,60	1609,00	2172,00	1436,00	1938,00
Водопотребление, тыс. м ³ /тыс. руб. (Росс.)	2,79	40,13	1,64	23,67	2,16	31,12	2,92	42,01
Водоотведение, тыс. м ³ /тыс. руб. (Росс.)	2,79	32,40	1,64	19,07	2,16	25,07	2,92	33,84
ГСМ, л/тыс. руб. (Росс.)	-	-	-	-	-	-	-	-
ИТОГО, тыс. руб. (Росс.)	1158,13		1135,18		2478,15		2277,27	
Электроэнергия, тыс. т.у.т.	0,021187		0,021776		0,021528		0,020167	
Тепловая энергия, тыс. т.у.т.	0,092429		0,092429		0,239097		0,213390	
ИТОГО, тыс. т.у.т.	0,113616		0,114205		0,260625		0,233557	

Теплоснабжение корпуса № 8 ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет» осуществляет ОАО «Владимирские коммунальные системы» (ВКС) по Государственному контракту.

Потребление тепловой энергии для восьмого корпуса составляет 1436,0 Гкал на 2023 год в натуральном выражении. Максимальный перепад температур: наружного воздуха: от -27°C до $+8^{\circ}\text{C}$. Ежесуточные показания теплосчетчика корпуса фиксируются в журнале учета тепловой энергии с передачей в ВКС выписки с данными 15 и 30 (31) числа текущего месяца.

По контракту раздел системы теплоснабжения по эксплуатационной ответственности определяется границей, которой являются наружная стена здания.

Теплосеть от границы раздела под стеной и по подвалу находится на балансе и эксплуатационной ответственности абонента ВлГУ.

Расход тепла и теплоносителя определяется счетчиком ТС.ТМК-Н1 № 00639. Приготовление горячей воды в корпусе № 8 ВлГУ не производится. Прибор учета горячего водоснабжения в восьмом корпусе отсутствует.

Анализ фактического теплопотребления объекта

Годовое потребление тепловой энергии, сведения о потреблении тепловой энергии по корпусу № 8 ВлГУ и финансовых затратах в 2021–2013 гг. приведены в таблице 3.

Таблица 3. Потребление тепловой энергии в 2021–2023 гг.

Год	Лимит, Гкал		Фактическое потребление. Гкал		
	Отопление	ГВС	Отопление	ГВС	Всего
2021	650.00	138.00	293.00	329.00	622,00
2022	650.00	138.00	757.00	852.00	1609,00
2023	650.00	138.00	810,00	626.00	1436,00
Среднее значение			372,00	361,40	733,40

Расчет годовой потребности тепловой энергии по МДК 4-05.2004

Расчет потребности тепла на отопление

Требуемая температура воздуха внутри зданий высших учебных заведений +18 °С [1, таблица 3.2]. Продолжительность отопительного периода составляет 209 суток (5112 ч), [2, таблица 3.1], $ГСОП = 4579,5$ °С·сут. [3, таблица 5.2]. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период –3,5 °С [2, таблица 3.1].

Годовая потребность на отопление рассчитывается согласно п 3.2.1 и приложению 3 [4] по формуле

$$Q_o = Vq_o(t_{\text{пом}} - t_{\text{ул}})(1 + K_{u.p.})n \cdot 10^6, \text{ Гкал/год.}$$

Удельная отопительная характеристика здания для расчетных условий по Владимирской области принята по таблице 14 [3].

Расчетный коэффициент инфильтрации $K_{u.p.}$ определяется по формуле 4.2 [3]:

$$K_{u.p.} = 10^{-2} \sqrt{2gL \left(1 - \frac{273 + t_{\text{ул}}}{273 + t_{\text{пом}}}\right) + W_o^2}$$

где W_o^2 – средняя скорость ветра.

Результаты расчета сведены в таблицу 4.

Годовая потребность в тепле на отопление корпуса № 8 ВлГУ (Никитина, 1) составляет 597,39 Гкал.

Расчет тепловых потерь в системе теплопотребления

Так как граница балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности сторон установлена по наружной грани стен зданий, расчет потерь тепловой энергии через изоляцию трубопроводов наружной тепловой сети не производится.

Таблица 4. Расчет годовой потребности в тепле на отопление

Наименование здания	Высота здания, м	Объем здания по наружному обмеру, м³	Удельная отопительная характеристика, q_0 , ккал/(м³·ч·°C)	Температура воздуха внутри помещений, t_j , °C	Средняя температура наружного воздуха за период, t_{po} , °C	Продолжительность отопительного периода, n , ч.	Коэффициент инфильтрации, $K_{и.р.}$	Годовая потребность в тепле на отопление, Гкал/год	Мощность системы отопления, Гкал/ч
Корпус № 8	14,0	16509,8	0,31	18	-3,5	5112	0,062	597,39	0,250

Потери тепловой энергии, Гкал/год, с утечками сетевой воды определяют по формуле 38 [4].

$$Q_y = G_y \cdot c_v (t_{пр}^{ст} - t_{подп}) r \cdot 10^6, \text{ Гкал/год}$$

Для закрытых систем теплоснабжения расход воды на подпитку за планируемый период G_y определяется по формуле 39 [4].

$$G_y = 0,0025 V_{вс} Y, \text{ кг}$$

Расход воды, $V_{вс}$ м³/ч, на наполнение внутренних систем отопления присоединенных потребителей определяется по показаниям водомеров, а при их отсутствии вычисляется по формуле 40 [4].

$$V_{вс} = v_{вс} Q_{вс}, \text{ м³/ч}$$

Ориентировочно принимаем удельный объем воды на заполнение местных систем отопления зданий по всему объему в размере 30 м³/Гкал/ч суммарного расчетного часового расхода тепла на отопление и вентиляцию согласно [4].

Таким образом, тепловой поток равен $54,447/1,2 = 45,373$ Гкал/год, тепловые потери трубопроводами ГВС составляют 9,075 Гкал/год. ($45,373 \cdot 0,2 = 9,075$ Гкал/год).

Всего расчетно-нормативные потери равны сумме потерь с утечками сетевой воды в системах отопления и трубопроводами ГВС – 11,084 Гкал/год.

Для определения класса энергетической эффективности здания применялась методика п.10.3, [3]. Класс энергетической эффективности здания составил D.

В качестве выводов можно отметить, что система теплоснабжения функционирует исправно, однако имеются замечания:

для корпуса № 8 ВлГУ отсутствует схема теплоснабжения. Необходимо разработать расчетные и принципиальные схемы теплоснабжения учреждения;

установка теплосчетчика ГВС для корпуса № 8 ВлГУ;

так как теплоснабжающая организация не предоставляет сведения по лимитам каждого здания ВлГУ, принимаются расчетные лимиты потребления тепловой энергии, которые составляют 651,84 Гкал/год (из них 597,34 Гкал/год на отопление, 54,45 Гкал/год на ГВС);

проведен расчет параметров теплопотребления здания корпуса № 8 ВлГУ по МДК 4-05.2004, анализ и сравнение предоставленных данных с расчетными данными. Расчетное количество тепловой энергии на отопление по МДК 4-05.2004 составляет 597,39 Гкал. Максимальная часовая нагрузка составила 0,250 Гкал/ч;

проведены расчеты потерь энергии в тепловой сети корпуса. В системе отопления 2,01 Гкал/год, в системе ГВС 9,08 Гкал/год. Суммарное значение потерь составило 11,09 Гкал/год;

сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания ниже нормативного значения и не соответствуют требованиям по теплозащите здания, кроме окон. В результате чего теплопотери через чердачное перекрытие, наружные стены и двери достаточно высоки.

Фактическое значение годового потребления тепловой энергии выше принятого расчетного показателя.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания ниже нормативного значения и не соответствуют требованиям по теплозащите здания, кроме окон. В результате чего теплопотери через чердачное перекрытие, наружные стены и двери достаточно высоки.

Список использованных источников

1. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-2011 Межгосударственный стандарт. – Приказ Росстандарта от 12.07.2012 N 191 (ред. от 20.12.2022).
2. Строительная климатология: СП 131.13330.2020, – утв. приказом Мин. строя и ЖКХ РФ от 24 декабря 2020 г. N 859.
3. Тепловая защита зданий: СП 50.13330.2012. – СП Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, – утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 265 (ред. от 15.12.2021).
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СП 60.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003, – утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 279.
5. Методики определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения: МДК 4-05.2004.

Янчук В. В., Романюк В. Н.

РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ПОДОГРЕВ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПАРОТУРБИННОГО ЦИКЛА ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ

Белорусский национальный технический университет, Янчук В. В. – ассистент, Романюк В. Н. – д. т. н., профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника»

Повышение эффективности использования первичных энергоресурсов при производстве энергии на тепловых электрических станциях (ТЭС) способствует снижению себестоимости отпускаемых потоков и улучшению экологической ситуации в районе ТЭС. Перечисленное относят к целям устойчивого развития, их достижение также является приоритетным направлением научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь на 2021–2025 гг.

Повторное использование низкотемпературных сбросных тепловых потоков внутри цикла производства электроэнергии возможно при включении в тепловую схему теплового насоса (ТН), который позволяет нагревать среду до температур выше, чем температура греющего потока. Применительно к ТЭС обоснованным решением является применение абсорбционных тепловых насосов (АБТН), которые в качестве

привода требуют наличие высокотемпературного теплового потока [1–4]. В работе [4] отражено изменение показателей эффективности при использовании в качестве привода потока пара из отборов турбины. При этом в качестве низкопотенциального потока утилизируется циркуляционная вода конденсатора турбины, нагреваемый поток – подпиточная вода, компенсирующая невозврат конденсата производственного отбора. Для паровых турбин типа ПТ-60, наиболее распространенных в Белорусской энергосистеме, при полном невозврате конденсата производственного отбора в цикл и предварительном подогреве подпиточной воды в АБТН с паровым приводом в пределах можно получить повышение электрического КПД на 0,9 % и энергетического КПД на 0,55 % при сохранении минимального пропуска пара в конденсатор [4].

На данном этапе исследований выполнен также расчет изменения эффективности работы станции при включении в тепловую схему АБТН на дымовых газах. Предлагается изменить греющий высокопотенциальный тепловой поток, заменив пар из отборов турбины на дымовые газы из тракта парового котла. Греющий низкопотенциальный и нагреваемый потоки сохраняются. Отбор дымовых газов из тракта котла необходимо производить после воздухоподогревателя второй ступени, где газы имеют оптимальную для АБТН температуру. Охлаждение дымовых газов в АБТН производится до 140°C. Паровые турбины ПТ-60 работают совместно с котлами БКЗ-420, принципиальная схема такой котельной установки с точкой отбора дымовых газов на АБТН представлена на рисунке 1.

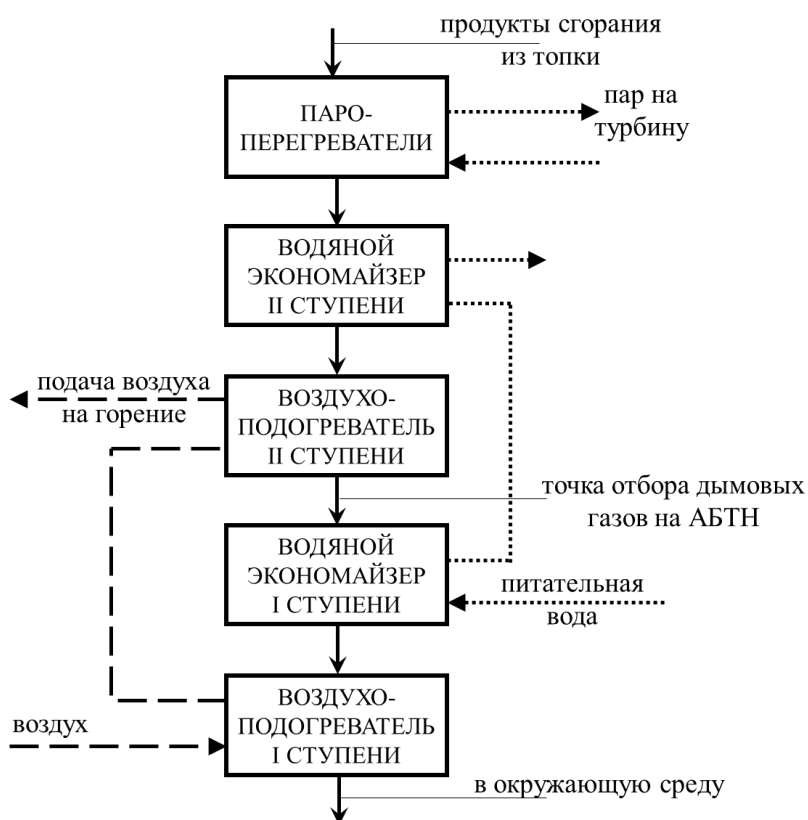


Рисунок 1 – Поверхности нагрева котельной установки БКЗ-420

Изменение расхода дымовых газов в двух последних поверхностях нагрева составляет 14 % от первоначального. Снижение расхода газов в хвостовых поверхностях нагрева приводит к перераспределению температур по всему тракту котла и большему их охлаждению перед входом в дымовую трубу. Для рассчитанного варианта с расходом пара 395 т/ч температура газов на выходе из котла до

модернизации составляла 133°C , после – 109°C , что позволяет работать в новом режиме без дополнительных изменений. Расчет производился при допущении сохранения коэффициента теплопередачи для каждой поверхности при изменении температур и расхода газов.

Получено, что увеличение электрического КПД за счет предложенной модернизации составило 2,7 %, увеличение энергетического КПД – 1,1 %. При этом наблюдается недогрев воздуха в воздухоподогревателях на 10°C по сравнению с классическим вариантом, что также снижает температуру горения.

Таким образом, предложенное решение показывает свою эффективность, что подтверждает правильность выбранного направления исследований и возможность применения полученных результатов на станции.

Список использованных источников

1. Янченко, И. В. Влияние абсорбционного теплового насоса на тепловую экономичность ТЭС и АЭС : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.14 / И. В. Янченко. – Новочеркасск, 2015. – 180 л.
2. Романюк, В. Н. Абсорбционные тепловые насосы в тепловой схеме ТЭЦ для повышения ее энергетической эффективности / В. Н. Романюк [и др.] // Энергия и менеджмент. – 2013. – № 1. – С. 14–19.
3. Янчук, В. В. Повышение эффективности действующих тепловых электрических станций в современных условиях / В. В. Янчук, В. Н. Романюк // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергетических объединений СНГ. – 2022. – Т. 65, № 6. – С. 511–523.
4. Янчук, В. В. Модернизация системы регенеративного подогрева питательной воды в цикле турбоустановки ПТ-60 / В. В. Янчук, В. Н. Романюк // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2023. Т. 66, № 6. – С. 509–523.

Публикации студентов и магистрантов

ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Ключева Е. В., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Воздухообмен в заготовительных цехах играет значительную роль в обеспечении нормальных условий для процессов заготовки сырья и производства. Недостаточный или некорректный воздухообмен может привести к ряду негативных последствий, включая загрязнение воздушной среды, распространение вредных веществ, а также ухудшение условий труда для работников.

Основными воздействиями недостаточного воздухообмена являются:

- накопление загрязняющих веществ в воздухе, что может привести к отравлению и заболеваниям у работников, а также к загрязнению оборудования и помещения;

- недостаток кислорода, т. к. в процессе заготовки сырья может происходить потребление кислорода, что может негативно сказываться на работоспособности сотрудников и на качестве продукции;

- увеличение влажности в помещении, что при недостаточной вентиляции может способствовать развитию плесени, грибков и образованию конденсата, негативно повлияет на процессы заготовки и на состояние оборудования.

Особенности технологических процессов, которые требуют особой внимательности к качеству воздушной среды в заготовительном цехе, могут включать в себя следующие аспекты:

1. Использование вредных веществ. В ряде технологических процессов, связанных с заготовкой сырья, могут применяться вредные химические вещества, которые могут негативно влиять на здоровье работников в случае их вдыхания. Поэтому необходимо обеспечить хорошую вентиляцию для удаления вредных паров и газов из помещения.

2. Повышенные температуры. В некоторых технологических процессах в заготовительных цехах имеется вероятность повышенной температуры, что может привести к перегреву помещения и возможным ожогам у работников. Возможно, это скажется на качестве продукции. Поэтому важно обеспечить эффективную систему вентиляции и кондиционирования воздуха.

3. Высокая влажность. Влажность воздуха – фактор, который влияет на технологические процессы в заготовительных цехах. Повышенная влажность может приводить к образованию конденсата, плесени и грибков, а также ухудшать условия труда для работников. Соответственно, необходимо обеспечить хорошую вентиляцию для контроля влажности воздуха.

4. Пылеобразование. В некоторых процессах заготовки сырья возможно образование пыли, которая может не только негативно повлиять на здоровье работников при вдыхании, но и способствовать возгоранию и взрывопожарной опасности. Поэтому необходимо предусмотреть системы очистки воздуха от пыли и обеспечить соответствующую вентиляцию.

Выбор системы вентиляции для заготовительных цехов является важным процессом, который требует учета ряда факторов (таблица 1) [1].

Таблица 1. Факторы, влияющие на выбор системы вентиляции для заготовительных цехов

<i>Наименование</i>	<i>Характеристика</i>
<i>1 Тип заготовительного процесса</i>	<i>Необходимо учитывать тип процесса заготовки сырья, так как от этого зависит количество и характер выбрасываемых вредных веществ и газов. Разные процессы требуют разных подходов к вентиляции.</i>
<i>2 Размер и площадь помещения</i>	<i>Размер и площадь помещения непосредственно влияют на необходимый объем воздуха для обеспечения нормальных условий воздушной среды. Большие помещения могут требовать более мощных систем вентиляции.</i>
<i>3 Опасные вещества</i>	<i>Если в процессе заготовки используются опасные химические вещества, необходимо рассмотреть специализированные системы вентиляции, которые обеспечат эффективное удаление вредных элементов из воздушной среды.</i>
<i>4 Требования к чистоте воздуха</i>	<i>В зависимости от процесса заготовки и типа сырья может потребоваться контроль за чистотой воздуха в помещении. Например, производство в пищевой отрасли требует более строгих требований к качеству воздуха.</i>
<i>5 Условия труда</i>	<i>Необходимо учитывать условия труда для работников и обеспечивать комфортные и безопасные условия воздушной среды в помещении.</i>
<i>6 Энергетическая эффективность</i>	<i>При выборе системы вентиляции также стоит учитывать энергетическую эффективность оборудования, чтобы снизить энергопотребление и обеспечить экономическую эффективность.</i>
<i>7 Соответствие нормативам и стандартам</i>	<i>Важно выполнение требований законодательства и стандартов относительно качества воздушной среды, условий труда в производственных помещениях.</i>

При проектировании систем вентиляции заготовительных цехов необходимо соблюдать нормативные требования по охране труда и экологической безопасности. Основные нормативные документы и требования, которые следует учитывать при проектировании систем вентиляции: санитарно-эпидемиологические правила и нормы; трудовое законодательство; государственные стандарты и нормативные документы по охране труда; экологическое законодательство; нормативы и руководства по технике безопасности и пожарной безопасности. При проектировании систем вентиляции заготовительных цехов важно также проводить регулярную экспертизу и осуществлять контроль работы системы вентиляции для обеспечения надлежащего функционирования и безопасности рабочей среды [2].

Современные системы автоматизации контроля и управления параметрами воздушной среды для вентиляции заготовительных цехов обеспечивают эффективное и удобное управление работы вентиляционной системы, обеспечивая оптимальные условия для работы оборудования и комфортных условий для сотрудников. Некоторые из современных решений в этой области включают в себя:

1. Системы централизованного управления (СЦУ) – предоставляют возможность централизованного контроля и управления всеми системами вентиляции и кондиционирования воздуха в заготовительных цехах. СЦУ позволяют оперативно реагировать на изменения в условиях окружающей среды, настраивать параметры

работы системы с учетом потребностей производства и экономить энергию за счет оптимизации работы систем.

2. Системы датчиков и регуляторов параметров воздуха – включают в себя современные датчики для измерения различных параметров воздушной среды, таких, как температура, влажность, уровень CO₂ и т. д., а также регуляторы, которые автоматически корректируют работу вентиляционной системы в соответствии с заданными параметрами. Это позволяет обеспечить оптимальные условия для работы оборудования и здоровья сотрудников.

3. Системы адаптивного управления – используют алгоритмы и искусственный интеллект для анализа данных о текущих условиях воздушной среды и оптимизации работы системы вентиляции в реальном времени. Такие системы могут предсказывать изменения параметров и заранее принимать меры для предотвращения возможных проблем.

4. Системы управления энергопотреблением – позволяют мониторить и контролировать энергопотребление системы вентиляции, а также оптимизировать работу системы с целью сокращения расходов на электроэнергию. Такие системы могут предлагать рекомендации по оптимизации работы системы в зависимости от актуальных условий. Современные системы автоматизации контроля и управления позволяют значительно повысить эффективность работы вентиляционных систем в заготовительных цехах, обеспечивая оптимальные условия для производственных процессов и работников, а также сокращая энергопотребление и улучшая экономическую эффективность предприятия.

Использование современных материалов для создания эффективной вентиляции в заготовительных цехах является ключевым аспектом для обеспечения оптимальных условий работы и комфорта сотрудников. Современные материалы и технологии, применяемые для создания эффективной вентиляции в производственных помещениях:

1. Каналы и воздуховоды из гибких и прочных материалов, таких, как гибкие пленки ПВХ, стеклоткань с полиэстеровой пропиткой или алюминиевая фольга, которые обеспечивают хорошую герметичность и долговечность, а также удобство при монтаже и обслуживании.

2. Вентиляционные решетки и диффузоры из прочных и легких материалов, таких, как алюминий, нержавеющая сталь или пластик, которые обеспечивают равномерное распределение воздушного потока и эстетичный внешний вид.

3. Фильтры для вентиляционных систем из высококачественных материалов, таких, как НЕРА-фильтры или активированный уголь, которые эффективно очищают воздух от пыли, загрязнений и микроорганизмов, обеспечивая чистоту и здоровье воздуха в помещении.

4. Кондиционеры и увлажнители воздуха с использованием современных технологий, таких, как инверторные компрессоры, технологии регулирования влажности или ультрафиолетовые лампы для дезинфекции воздуха, которые обеспечивают оптимальный микроклимат в помещении [3].

В заготовительных цехах могут применяться следующие типы систем вентиляции: общеобменная, отвечающая за обновление воздуха во всем помещении и поддерживающая необходимые параметры воздуха, и местная аспирационная система, удаляющая пыль у рабочих станков.

Оптимальный способ организации воздухообмена на различных участках заготовительных цехов подбирается, исходя из ряда условий. Основное внимание уделяется проектированию высокопроизводительной напорно-всасывающей

аспирационной системы, состоящей из местных отсосов и общеобменной вытяжной вентиляции. Отсосы оснащаются укрытиями, конструкция которых способствует созданию условий для изоляции оборудования и направленного всасывания древесных отходов. Параметры местных вытяжных отсосов (угол установки, объем и скорость движения воздуха), используемых для вентиляции цеха, зависят от технических характеристик оборудования. Очистка воздуха от пыли производится с помощью пылеосадительных камер, циклонов и фильтров. Необходимое разрежение в укрытиях (зонтах) создается при помощи вытяжных вентиляторов, обеспечивающих высокую скорость движения воздуха (препятствует оседанию механических частиц) во всей сети воздухопроводов. Компенсация объема удаленного воздуха обеспечивается общеобменными приточными системами. Воздуховоды снабжаются герметично закрывающимися люками, необходимыми для проведения мероприятий по очистке системы [4].

В конечном итоге хорошо спроектированная и правильно настроенная система вентиляции в заготовительных цехах не только обеспечивает безопасность и эффективность производства, но и создает комфортные условия для работников, повышает качество продукции и способствует устойчивому развитию предприятия. Поэтому вопрос воздухообмена важно уделять должное внимание и учитывать его значимость в контексте обеспечения успешной деятельности предприятия.

Список использованных источников

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019 – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 68 с.
2. Вентиляция цеха металлообработки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ceds.ru/blog/ventilyatsiya-tsekha-metalloobrabotki/>. – Дата доступа: 09.04.2024.
3. Система вентиляции и кондиционирования в цехе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ads-vent.ru/blog/ventilyaciya-cehov/>. – Дата доступа: 09.04.2024.
4. Особенности вентиляции деревообрабатывающих цехов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.airclimat.ru/Ventilyatsiya-tseha-derevoobrabotki.htm/>. – Дата доступа: 09.04.2024.

Брандлер В. А., Василевич А. С

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18 Научный руководитель: Ключева Е. В., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Тепловой насос (далее ТН) представляет собой устройство, которое извлекает тепло из окружающей среды и передает его потребителю (чаще всего в систему отопления и горячего водоснабжения). В процессе работы теплового насоса энергия не используется непосредственно для нагрева теплоносителя, а вместо этого направляется

на перекачку и преобразование тепла из окружающей среды внутри помещения. Это обеспечивает высокую энергоэффективность прибора: за каждый киловатт электричества, потраченного на работу компрессора, генерируется от 3 до 5 кВт тепловой энергии [1].

Классификация ТН.

По способу передачи энергии.

1. Компрессионные. Основными составляющими такого теплового насоса являются компрессор, расширительный клапан и два теплообменника (испаритель и конденсатор). Эти установки работают на основе цикла сжатия и расширения теплоносителя с выделением тепла. Этот тип тепловых насосов прост в конструкции, высокоэффективен и широко распространен [2, 3].

2. Абсорбционные. Это новое поколение тепловых насосов, использующее пар абсорбент-хладон в качестве рабочего вещества. Пар низкого давления на выходе из испарителя поглощается абсорбентом – в результате этого процесса генерируется тепло. Применение абсорбента повышает эффективность работы таких тепловых насосов [2, 3].

По источнику тепла.

1. Геотермальные. Энергия тепла добывается из земли или воды.

2. Воздушные. Тепло извлекается из окружающей атмосферы.

3. Использующие вторичные источники тепла. В качестве теплового источника используются воздух, вода, или канализационные стоки [2].

По виду теплоносителя входного/выходного контура.

Тепловые насосы «воздух – воздух». Эти устройства извлекают тепло из более холодного воздуха, дополнительно понижая его температуру, и передают его в отапливаемое помещение.

Тепловые насосы «вода – вода». В этом случае используется тепло из грунтовых вод, которое передается воде для отопления и подачи горячей воды.

Тепловые насосы «вода – воздух». У воды отбирается тепло и передается в систему воздушного отопления.

Тепловые насосы «воздух – вода». Атмосферное тепло применяется для подачи горячей воды в систему отопления.

Тепловые насосы «грунт – вода». Трубы прокладываются под землей, и по ним циркулирует вода, которая извлекает тепло из грунта.

Тепловые насосы «лед – вода». Для нагрева воды в системе отопления и горячего водоснабжения используется тепловая энергия, высвобождаемая при замораживании воды. Замораживание 100–200 литров воды способно обеспечить обогрев среднего дома в течение часа [2].

Применение ТН.

В СО. Тепловые насосы используются для обогрева жилых и коммерческих зданий. Они могут извлекать тепло из воздуха, воды, грунта, даже из озера или моря. Тепло передается в систему отопления, которая обеспечивает равномерное его распределение по всему помещению.

Горячее водоснабжение. Тепловые насосы могут использоваться для передачи горячей воды для бытовых нужд. Они могут быть интегрированы в систему отопления или установлены отдельно, чтобы обогревать воду для душа, ванны, кухни и других целей.

Кондиционирование воздуха. Некоторые тепловые насосы могут работать в обратном режиме, обеспечивая охлаждение помещений в летний период. Они

извлекают тепло из воздуха в помещении и отводят его наружу, охлаждая воздух внутри.

Промышленные процессы. Тепловые насосы широко применяются в промышленности для обогрева и охлаждения производственных помещений, оборудования и сырья. Они могут быть использованы в различных отраслях, таких, как пищевая, химическая, фармацевтическая и др.

Аквакультура и сельское хозяйство. В аквакультуре тепловые насосы могут использоваться для поддержания оптимальной температуры воды в прудах, рыбоводных хозяйствах или аквариумах. В сельском хозяйстве они могут применяться для поддержания тепла в теплицах или для обогрева жилых помещений или скота.

Водоснабжение. Тепловые насосы могут использоваться для обогрева воды в бассейнах или для поддержания определенной температуры воды в системах орошения. Это позволяет сохранить комфортные условия для плавания или для роста растений в сельском хозяйстве [2].

Преимущества ТН.

1. Экономичность. Тепловые насосы эффективнее обычных котлов за счет более высокого коэффициента преобразования тепла (Кпт). Кпт показывает соотношение получаемого тепла к затраченной энергии. Например, $K_{пт} = 3,5$ означает, что подведя 1 кВт энергии, мы получим 3,5 кВт тепла, что делает их более экономичными.

2. Повсеместное применение. Тепловые насосы могут использоваться в любой точке планеты, так как источники рассеянного тепла, такие, как земля и воздух, присутствуют повсюду.

3. Экологичность. Тепловые насосы не сжигают топливо, что означает отсутствие выбросов вредных веществ в окружающую среду. Применяемые фреоны также не наносят ущерба озоновому слою.

4. Универсальность. Тепловые насосы могут переключаться между режимами отопления зимой и кондиционирования летом, просто переключаясь между системами подачи тепла и холода.

5. Безопасность. Тепловые насосы почти не имеют рисков взрыва или пожара, так как они не используют топливо и не создают открытого пламени или опасных газов. Они не нагреваются до температур, способных вызвать возгорание горючих материалов.

Недостатки ТН:

Недостатки включают в себя высокую стоимость установки оборудования для геотермальных насосов из-за сложности и дороговизны монтажа подземных или подводных теплообменных контуров. У воздушных тепловых насосов также есть некоторые недостатки, такие как более низкий коэффициент преобразования тепла из-за низкой температуры кипения хладагента. Общим недостатком всех тепловых насосов является относительно низкая температура нагреваемой воды (порядка 50–60° С) [4].

Таким образом, тепловые насосы представляют собой естественный источник тепловой энергии, который обладает как экономическими, так и экологическими преимуществами по сравнению с традиционными системами, использующими углеродосодержащее топливо. Использование тепловых насосов для отопительных систем связано с начальными капитальными затратами, превышающими затраты на традиционные отопительные системы. Однако со временем общие затраты снижаются примерно в 3–5 раз и продолжают снижаться.

Замена традиционных источников энергии на тепловые насосы позволяет значительно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Из всех видов ТН наиболее экономически эффективными являются тепловые насосы, использующие грунт в качестве источника энергии, который на определенной глубине имеет почти постоянную температуру в течение года. Затраты на теплоснабжение с использованием тепловых насосов несущественно превышают затраты на теплоснабжение с использованием газового топлива. Важным фактором также является возможность использования тепловых насосов для холодоснабжения дома в теплый период года.

Список использованных источников

1. Тепловой насос, принцип работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dzen.ru/a/YFyUP_as1zlCHeAz. – Дата обращения: 10.04.2024.
2. Тепловой насос – типы, применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/guide/teplovye-nasosy.html>. – Дата обращения: 10.04.2024.
3. Принцип работы ТН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brosk.ru/blog/principy_raboty_teplovyh_nasosov. – Дата обращения: 10.04.2024.
4. ТН – преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.klerk.ru/materials/2021-03-30/teplovye-nasosy-razbiraem-ih-dostoinstva-i-nedostatki/>. – Дата обращения: 10.04.2024.

Волчок С. А., Григорук В. А.

ОПРЕССОВКА СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-19. Научный руководитель: Новосельцева Д. В., к. т. н, доцент, доцент кафедры природообустройства

Опрессовка системы водяного отопления – это процедура проверки герметичности и прочности системы отопления.

Частота проведения опрессовки системы отопления зависит от нескольких факторов, включая тип системы, возраст здания, качество установки и наличие ремонтных работ. Вот три главные причины для осуществления этой процедуры:

- Строительство нового дома или монтаж новой отопительной системы. В новых зданиях опрессовка обычно проводится перед вводом отопления в эксплуатацию, чтобы проверить герметичность и отсутствие утечек.
- Ремонт или замена комплектующих отопления. Если в системе проводятся ремонтные работы или заменяются ключевые компоненты, опрессовка осуществляется сразу же после завершения работ с целью убедиться, что изменения не повлияли на герметичность системы.
- Проверка на регулярной основе. В некоторых странах или регионах законодательство может предусматривать периодическую проверку систем отопления с опрессовкой.

В основе процесса опрессовки лежит принцип нагнетания давления: жидкость закачивается с помощью насоса в закрытый контур или резервуар с водой. Далее с помощью опрессовщика создается давление, превышающее рабочее, и некоторое время такое давление сохраняется в трубе. Специалист следит за стабильностью показателей давления на манометре опрессовщика, что свидетельствует об отсутствии утечек и целостности системы. Таким образом трубопровод или иной резервуар проходит проверку на прочность и герметичность.

Опрессовочные насосы бывают ручными и электрическими. В электрических, кроме насоса, манометра, емкости для жидкости и соединительного шланга, присутствует еще электрический привод.

Автоматические устройства работают по аналогичному принципу, но при достижении ограничения давления они отключаются сами. Также для их работы требуется электричество, поэтому ручные больше подходят для мест, где еще нет сети энергоснабжения. Автоматические насосы могут нагнетать давление до 100 бар, а промышленные устройства – до 1000 бар.

Требования к опрессовке систем водяного отопления в России и Беларуси

В России действуют два норматива, регламентирующие порядок проведения опрессовки системы отопления, СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» и Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок.

Согласно [1, п. 4.6] испытание водяных систем отопления и теплоснабжения должно производиться при отключенных котлах и расширительных сосудах гидростатическим методом давлением, равным 1,5 рабочего давления, но не менее 0,2 МПа (2 кгс/см² (2Ати)) в самой нижней точке системы.

Система признается выдержавшей испытание, если в течение 5 мин нахождения ее под пробным давлением падение давления не превысит 0,02 МПа (0,2 кгс/см) и отсутствуют течи в сварных швах, трубах, резьбовых соединениях, арматуре, отопительных приборах и оборудовании.

Согласно [1, п. 9.2] испытания на прочность и плотность оборудования систем проводятся ежегодно после окончания отопительного сезона для выявления дефектов, а также перед началом отопительного периода после окончания ремонта.

Испытания на прочность и плотность водяных систем отопления проводятся пробным давлением, но не ниже:

– системы отопления с чугунными отопительными приборами, стальными штампованными радиаторами – следует принимать 0,6 МПа (6 кгс/см² или 6Ати);

– системы панельного и конвекторного отопления – 1,0 МПа (10 кгс/см² или 10Ати).

Для калориферов систем отопления и вентиляции – в зависимости от рабочего давления, устанавливаемого техническими условиями завода – изготовителя.

Минимальная величина пробного давления при гидравлическом испытании должна составлять 1,25 рабочего давления, но не менее 0,2 МПа (2 кгс/см² или 2 Ати).

Испытания трубопроводов следует выполнять с соблюдением следующих основных требований:

- при испытаниях применяют пружинные манометры класса точности не ниже 1,5 с диаметром не менее 160 мм, с ценой деления 0,01 МПа (0,1 кгс/см² или 0,1 Ати);
- испытательное давление должно быть обеспечено в верхней точке (отметке) трубопроводов; температура воды при испытаниях должна быть

не выше 45°C , полностью удаляется воздух через воздухопускные устройства в верхних точках;

- давление доводится до рабочего и поддерживается в течение времени, необходимого для осмотра всех сварных и фланцевых соединений, арматуры, оборудования, приборов, но не менее 10 минут;
- если в течение 10 мин не выявлены какие-либо дефекты, давление доводится до пробного.

Давление должно быть выдержано в течение 15 минут и затем снижено до рабочего. Падение давления фиксируется по контрольному манометру.

Системы считаются выдержавшими испытания, если во время их проведения:

– не обнаружены «потения» сварных швов или течи из нагревательных приборов, трубопроводов, арматуры и прочего оборудования.

– при испытаниях на прочность и плотность систем панельного отопления в течение 15 мин падения не превышает 0,01 МПа (0,1 кгс/см² или 0,6 Ати).

– при испытаниях на прочность и плотность систем пластмассовых трубопроводов в течение 30 мин падения не превышает 0,06 МПа (0,6 кгс/см² или 0,6 Ати).

Результаты проверки оформляются Актом проведения испытаний на прочность и плотность.

В Беларуси системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения ежегодно перед началом отопительного сезона, после окончания ремонта, а также перед началом эксплуатации, если они не эксплуатировались в течение отопительного сезона и более, должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям:

– системы отопления с чугунными отопительными приборами 1,25 рабочего, но не более 0,6 МПа;

– системы отопления с иными отопительными приборами 1,25 рабочего, но не более 1 МПа.

Гидравлическое испытание должно производиться при положительных температурах наружного воздуха. При температуре наружного воздуха ниже 0°C гидравлические испытания допустимы лишь в исключительных случаях.



Рисунок 1 – Лабораторный стенд системы водяного отопления

Системы считаются выдержавшими испытание, если во время их проведения:

- не обнаружено потения сварных швов или течи из отопительных приборов, трубопроводов, арматуры и прочего оборудования;
- при испытаниях систем панельного отопления и обогрева пола падение давления в течение 15 мин не превысило 0,01 МПа.

Результаты испытаний оформляются соответствующими актами. Если результаты испытаний не отвечают указанным условиям, необходимо выявить и устранить утечки, после чего провести повторные испытания системы.

На лабораторном стенде (рисунок 1) провели опрессовку системы водяного отопления с радиаторами различного вида при помощи ручного насоса (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ручной опрессовочный насос

Последовательность проведения опрессовки:

1. Наполнили систему отопления водой.
2. Сняли данные с манометра.
3. Привели насос в рабочее положение.
4. Нагнетали избыточное давление в системе до значения равного 1,25 рабочего давления
5. Сняли показания с манометра, после нагнетания давления.
6. Провели повторную проверку измерений, спустя время проведения испытаний.
7. Сделали вывод о проделанной работе.
8. Результаты внесли в таблицу 1

Таблица 1 – Результаты испытаний

Наименование системы	Рабочее давление теплоносителя, МПа	Испытательное давление, МПа	Время испытания, мин.	Падение давления, МПа	Испытание признано
Система водяного отопления с чугунным отопительным прибором	0,19	0,24	5	0	выдержала

Список использованных источников:

1. Внутренние санитарно-технические системы : СНиП 3.05.01-85. - Москва, 2000.
2. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок, утв. Минэнерго Российской Федерации от 24 марта 2003 г. № 115.
3. Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей : ТКП 458-2012 (02230). – Минск, 2013.

Касперович Д. А.

**АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ УСТАНОВКИ БАЙПАСА У
ПОЛОТЕНЦЕСУШИТЕЛЕЙ В ПОСЕКЦИОННО ЗАКОЛЬЦОВАННОЙ
СИСТЕМЕ ГВС С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМ
СТОЯКОМ**

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-19. Научный руководитель: Новосельцев В. Г., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, к. т. н, доцент.

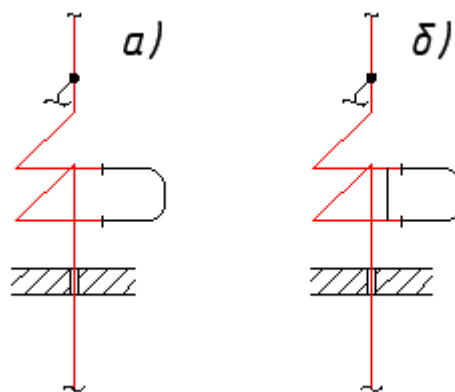
Горячее водоснабжение – обеспечение бытовых нужд населения и производственных потребностей в воде с повышенной температурой.

Системы ГВС бывают тупиковые и циркуляционные. Наличие в системе циркуляции гарантирует пользователю достаточно быстрое получение воды соответствующей температуры из водоразборной точки, исключая слив недостаточно горячей воды в канализацию. Местные системы можно выполнять для систем ГВС малой протяженности, например, в небольших индивидуальных или многоквартирных домах.

Существуют системы ГВС с нижней и верхней разводкой магистральных трубопроводов. Наиболее удобной в эксплуатации является система с нижней разводкой. В данных системах ГВС полотенцесушители могут располагаться на водоразборных, так и на циркуляционных стояках.

Присоединение полотенцесушителей к стоякам бывает различным. Возможно подключение непосредственное или с байпасом. В нашей работе мы решили сравнить традиционную циркуляционную систему ГВС (посекционно закольцованную с дополнительным циркуляционным стояком) с системой ГВС с байпасом (замыкающим участком на полотенцесушителях).

Рассмотрим семиэтажное здание. Узел расположения полотенцесушителя на стояке представлен на рисунке 1.



а) без байпаса; б) с байпасом

Рисунок 1 – Аксонометрические схемы стояков

Были произведены 2 расчета для каждой из систем: потерь теплоты и тепловой. Полотенцесушитель должен обеспечивать в помещении температуру 25° С. Для последующего подбора полотенцесушителей выполним расчет тепловых потерь. Найдем основные и добавочные потери теплоты по формуле

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

где F – расчетная площадь ограждения, м²;

R – сопротивление теплопередаче ограждения, (м² · °С)/Вт;

t_в – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

t_н – расчетная температура наружного воздуха, °С;

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

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

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет теплопотерь системы ГВС на примере одного стояка

№№ помещений	Назначение помещений, t _в , t _н , °С		Данные по ограждающей конструкции						Разность температур (t _в - t _н), °С	Поправочный коэффициент, n	Добавочные теплопотери β				Плотность добавочных потерь теплоты на нагрев инф. воздуха Q _{инф} , Вт/м²	Плотность добавочных потерь теплоты на нагрев инф. воздуха Q _{инф} , Вт/м²	Общие теплопотери помещений Q _{общ} , Вт	
			Наименование ограждения	Ориентация по сторонам света	Расчетные размеры, м (a x b)	Площадь F, м²	Коэффициент теплопередачи 1/R _{ср} , Вт/(м²·°С)	На ориентацию			Другие	Суммарный коэффициент добавочных потерь β _{сум}						
1	2		3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
103	Уборная инд.																	
	тв=	25	НС	СВ	3,5	*	3,7	9,73	0,278	47	1	0,1	0	1,1	140	0	1	433
	F=	2,685	ПОЛ		1,82	*	1,77	3,22	0,357	47	0,75	0	0	1	41			
			ВС		1,77		3,7	6,55	1,439	7	1				66			
			ВС		1,82		3,7	6,73	2,762	7	1				130			
			ВС		1,77		3,7	6,55	2,762	7	1				127			
													Сумма		503			
203-603	Уборная инд.		НС	СВ	3,5	*	3,2	5,54	0,278	47	1	0,1	0	1,1	80	0	1	357
	тв=	24	ВС		1,77		3,2	5,66	1,439	7	1				57			
	F=	2,685	ВС		1,82		3,2	5,82	2,762	7	1				113			
			ВС		1,77		3,2	5,66	2,762	7	1				110			
													Сумма		359			
703	Уборная инд.																	
	тв=	25	НС	СВ	3,5	*	3,3	8,33	0,278	47	1	0,1	0	1,1	120	0	1	634
	F=	2,685	ПТ		1,82	*	1,77	3,22	0,167	47	1	0	0	1	228			
			ВС		1,77		3,3	5,84	1,439	7	1				59			
			ВС		1,82		3,3	6,01	2,762	7	1				116			
			ВС		1,77		3,3	5,84	2,762	7	1				113			
													Сумма		636			

Выполним тепловой расчет для двух систем используя формулы, которые приведены ниже.

Расход воды на стояке:

$$G_{cm} = \frac{0,86 \cdot Q_{cm}}{t_n - t_0}, \quad (2)$$

где Q_{cm} – тепловая нагрузка стояка (сумма нагрузок всех отопительных приборов на стояке), Вт;

t_n – температура теплоносителя в подающем теплопроводе, °С;

t_0 – температура теплоносителя в обратном теплопроводе, °С.

Температура воды, поступающей в полотенцесушитель:

$$t_{ex} = t_n - \frac{\sum Q_{npi}}{Q_{cm}} \cdot (t_n - t_0), ^\circ C, \quad (3)$$

где $\sum Q_{npi}$ – суммарная тепловая нагрузка всех отопительных приборов стояка, расположенных выше рассматриваемого прибора при подаче воды по схеме "сверху-вниз", а по схеме "снизу-вверх" – ниже рассматриваемого прибора, считая по направлению движения воды, Вт.

Средняя температура воды в полотенцесушителе:

$$t_{cp}^{np} = t_{ex} - \frac{0,43 \cdot Q_{mp}}{\alpha \cdot G_{cm}}, ^\circ C, \quad (4)$$

где Q_{npi} – тепловая нагрузка прибора, Вт;

α – коэффициент затекания воды в полотенцесушитель.

Температурный напор:

$$\Delta t_{cp} = t_{cp}^{np} - t_e, ^\circ C. \quad (5)$$

Коэффициент приведения номинального теплового потока полотенцесушителя к расчетным условиям:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p, \quad (6)$$

где n и p – эмпирические показатели;

Δt_n – номинальный температурный напор, равный 70° С.

Номинальный требуемый тепловой поток:

$$Q_{nt} = \frac{Q_1}{\varphi}, Вт \quad (7)$$

где Q_1 – расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора, Вт.

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Анализ результатов расчетов показывает, что разница при установке полотенцесушителя без байпаса и с байпасом достаточно влияет на необходимую теплоотдачу полотенцесушителей. Таким образом, возможна установка системы как без байпаса, так и с ним. Однако система с байпасом может быть более удобна в эксплуатации, так как она позволяет установить арматуру для отключения полотенцесушителя самими жильцами, размеры и вид полотенцесушителей также могут и должны быть различными в пределах одного стояка.

Таблица 2 – Тепловой расчет системы ГВС

№ помещения	Температура воздуха в помещении $t_{в}$, °C	Тепловая нагрузка на прибор $Q_{пр}$, Вт	Суммарная тепловая нагрузка приборов, расположенных выше или ниже рассматриваемого $\Sigma Q_{пр}$, Вт	Температура входящей воды в прибор $t_{вх}$, °C	Коэффициент затенения воды α	Средняя температура воды в приборе $t_{ср}$, °C	Температурный напор $\Delta t_{ср}$, °C	Коэффициент приведения ϕ	Теплоотдача открыто расположенных труб $Q_{отр}$, Вт	Расчетный требуемый тепловой поток Q_1 , Вт	Номинальный требуемый тепловой поток Q_n , Вт	Поправочный коэффициент β_n
Система без байпаса												
103	25	433	0	60	1	59	34	0,40	0	433	1075	1
203	25	357	433	58	1	58	33	0,38	0	357	933	1
303	25	357	790	57	1	57	32	0,36	0	357	980	1
403	25	357	1147	56	1	55	30	0,35	0	357	1030	1
503	25	357	1504	55	1	54	29	0,33	0	357	1086	1
603	25	357	1861	53	1	53	28	0,31	0	357	1147	1
703	25	634	2218	52	1	51	26	0,29	0	634	2208	1
	Σ	2852										
Система с байпасом												
103	25	433	0	60	0,5	58	33	0,39	0	433	1105	1
203	25	357	433	58	0,5	57	32	0,37	0	357	956	1
303	25	357	790	57	0,5	56	31	0,36	0	357	1004	1
403	25	357	1147	56	0,5	55	30	0,34	0	357	1057	1
503	25	357	1504	55	0,5	53	28	0,32	0	357	1116	1
603	25	357	1861	53	0,5	52	27	0,30	0	357	1180	1
703	25	634	2218	52	0,5	50	25	0,27	0	634	2332	1
	Σ	2852										

Список использованных источников

1. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Теплоснабжение» на тему «Горячее водоснабжение жилого дома» для студентов специальности 700402, 700471. УО «Брест. гос. тех. ун-т»; сост.: Д. В. Новосельцева, В. Г. Новосельцев; под ред. В. Г. Новосельцева. – Брест, 2021. – 46 с.
2. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Отопление и вентиляция жилого дома» для студентов специальностей 700402, 700471. УО «Брест. гос. тех. ун-т»; сост.: Д. В. Новосельцева, В. Г. Новосельцев; под ред. В. Г. Новосельцева. – Брест, 2019. – 58 с.

Касперович Д. А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕНТИЛЯТОРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-19. Научный руководитель: Ключева Е. В., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Вентиляция производственных помещений таких, как зданий фабрик, цехов, заводов является достаточно сложной проектной задачей – для нее не существует универсального метода, для каждого производства выдерживаются конкретные требования и производится индивидуальный расчет. Формирование микроклимата в производственных помещениях напрямую связано с поддержанием соответствующего температурно-влажностного режима в помещении. На производственных

предприятиях в ходе технологических процессов в воздух, окружающий рабочее место, выделяются загрязняющие вещества: твердые частицы, газы, пары, туманы и жидкие аэрозоли. Также существует проблема с выделением тепла и водяного пара [1].

Негативное влияние загрязненного воздуха:

- повышает риски для здоровья и безопасности человека, обусловленные их раздражающими, аллергенными, токсичными, канцерогенными, радиоактивными, пожаровзрывоопасными свойствами;
- дискомфорт и недомогание;
- взрывы и пожары в результате превышения допустимых концентраций горючих, взрывоопасных компонентов;
- быстрый износ, повреждение и выход из строя оборудования [1].

Поэтому необходимо поддерживать концентрацию загрязняющих веществ в воздухе, ориентируясь на пределы предельной допустимой концентрации (ПДК). Также важно обеспечить оптимальную температуру воздуха, ориентируясь на физическую тяжесть работы и время года.

Для обеспечения надлежащих условий работы промышленных предприятий, в производственных зданиях и помещениях используют системы общеобменной вентиляции, которые подразделяются на два основных типа: приточная и вытяжная [2]

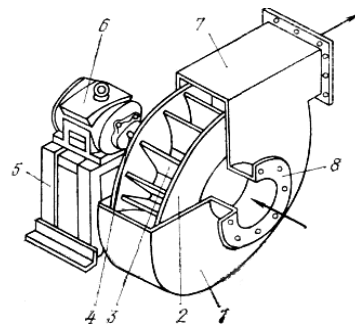
Приточная вентиляция обеспечивает доступ свежего воздуха в помещение, который подвергается дополнительной фильтрации, охлаждению или увлажнению в зависимости от используемых приточных вентиляторов [2]. То есть обеспечивает полную термовлажностную обработку воздуха. Помимо фильтров применяют вещества, поглощающие или нейтрализующие химические соединения [1]. Потоки свежего воздуха необходимо направлять в зоны присутствия людей.

Вытяжная вентиляция отвечает за удаление загрязненного воздуха, играя роль промышленной вытяжки. Вытяжные промышленные вентиляторы используются в совокупности с приточными, а их производительность рассчитывается таким образом, чтобы сбалансировать давление во внутреннем пространстве. Основные требования к вентиляционной установке: расчетная мощность; повышенная герметичность; коррозионная стойкость.

Лучшим решением является использование вытяжного вентилятора в самом конце установки, чтобы он работал под отрицательным давлением на протяжении всей магистрали. В случае сбоя это вызовет утечку воздуха из цеха в установку, а не наоборот [1].

Для осуществления качественной вентиляции в производственных зданиях используют следующие виды вентиляторов специального назначения: пылевые, искрозащищенные, крышные, для дымоудаления, вентиляторы высокого давления и др.

Радиальный вентилятор (рисунок 1) применяется для организации приточно-вытяжной вентиляции на производственных объектах, в цехах, на складах и других промышленных или общественных помещениях, где установлены повышенные требования к чистоте и качеству воздуха или для дымоудаления, в качестве составляющего элемента системы пожарной безопасности. Устройства такого типа также называют центробежными вентиляторами. Основное назначение – перемещение и циркуляция газовойоздушной смеси без примеси твердых частиц [1, 6].



1 – кожух; 2 – рабочее колесо; 3 – лопатки рабочего колеса; 4 – ось вентилятора; 5 – станина; 6 – электродвигатель; 7 – нагнетательный патрубок; 8 – фланец всасывающего патрубка

Рисунок 1 – Конструкция радиального вентилятора

Отличительной особенностью конструкции радиальных вентиляторов является радиальное расположение лопастей, которое и дало название категории. Форма лопаток, концы которых загнуты вперед или назад, в зависимости от направления перемещения потока, а также спиралевидный корпус (вентилятор «улитка») обеспечивает некоторое завихрение воздуха на подаче или вытяжке, за счет этого достигается максимально эффективная циркуляция, в результате которой воздух перемешивается и распространяется по всему объему внутреннего пространства.

В зависимости от создаваемого давления радиальные вентиляторы (ВР) разделяются на: ВР низкого, среднего и высокого давления.

ВР низкого давления предназначены для работы по перемещению воздуха при давлении до 1000 Па. Они широко используются в системах вентиляции и кондиционирования воздуха в промышленных, жилых, административных помещениях и зданиях.

ВР среднего давления применяются в системах кондиционирования и для вентиляции помещений различного назначения. Данные агрегаты предназначены для перемещения газоздушных смесей при общем сопротивлении сети не более 3000 Па.

ВР высокого давления предназначены для перемещения воздуха при давлении до 12000 Па. Мощный напор воздуха, создаваемый промышленными центробежными вентиляторами высокого давления, позволяет применять их в достаточно специфичных условиях, например, там, где необходимо перемещать средние объемы воздуха при значительных сопротивлениях оборудования [1].

Все вентиляторы могут быть выполнены взрывозащищенными, коррозионностойкими или теплостойкими.

Вентиляция с использованием данных агрегатов может создаваться и успешно работать в сложных климатических условиях, агрессивной внешней среде и при других неблагоприятных факторах. Удобная, продуманная конструкция позволяет обеспечить беспрепятственный доступ ко всем основным узлам и деталям, возможность подключения к различным системам вентиляции и обеспечения их работы за счет установки специальных вставок (гибких).

Осевой вентилятор представляет собой универсальную модель вентиляционного оборудования, которая состоит из корпуса круглого сечения с расположенной по центру осью, где при помощи электропривода вращается рабочее колесо с воздушозаборными лопатками [1, 6].

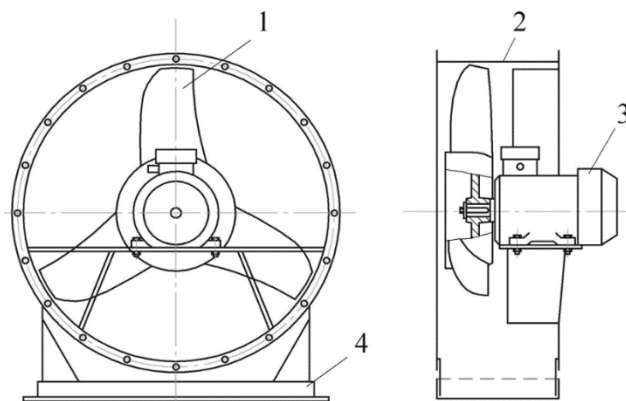
По принципу действия и назначению вентиляторы осевые промышленные подразделяются на три разновидности:

– приточно-вытяжные вентиляторы – применяются в комплексном устройстве вентиляционного оснащения здания;

– приточные вентиляторы – применяются для организации постоянного притока свежего воздуха в помещение;

– вентиляторы для вытяжки – служат для очищения внутреннего пространства от продуктов горения. Вентилятор осевой вытяжной – наиболее популярная разновидность устройств, устанавливаемых для дымоудаления на случай возникновения пожароопасной ситуации.

Все осевые модели подразделяются на три группы в зависимости от нагнетаемого давления: высокого (более 3 кПа), среднего (от 1 до 3 кПа), низкого (менее 1 кПа).



1 – лопасть рабочего колеса, 2 – корпус, 3 – электродвигатель, 4 – основание

Рисунок 2 – Схема осевого вентилятора

Вентилятор осевой вытяжной – агрегат, который используется в составе **вытяжной вентиляции**, обеспечивая своевременное выведение отработанного воздуха, дыма после пожара или производимых технологическим оборудованием вредных веществ. В зависимости от конструкции и назначения могут они разделяться на бесканальные, канальные (работают в совокупности с системой воздуховодов) и настенные (крепятся непосредственно к стене и не требуют подведения вентиляционных каналов) [1].

Осевой вентилятор подпора воздуха – данные модели (особенно крышные) применяются в составе **приточной противодымной вентиляции** и, помимо функций воздухообмена, выполняют важную роль при возникновении пожароопасной ситуации.

Вентиляторы осевые приточные – конструктивно мало отличаются от вытяжных, основное отличие – это направление вращения рабочего колеса и угол наклона лопастей. В бесканальном исполнении можно применять для охлаждения промышленного оборудования, в канальном исполнении – для притока свежего воздуха в помещение.

Крышный вентилятор промышленного назначения используется в качестве отдельного элемента общеобменной вентиляционной системы. Монтируется непосредственно в конструкцию кровли, служит для создания вытяжной вентиляции производственных помещений. Еще одно предназначение вентилятора крышного – дымоудаление, то есть своевременное выведение поднимающихся вверх продуктов горения [1].

По конструктивному исполнению и принципу работы подразделяются на две группы:

– вентилятор крышный осевой (ВКО) — по конструкции и принципу действия аналогичен осевым моделям, которые применяются в общеобменных вентиляционных

системах, дополнительно оснащен креплениями для установки в вертикальном или наклонном положении [1];

– вентилятор крышный радиальный (ВКР) — устройство одностороннего всасывания с выводением потока в свободном режиме (рисунок 3). Отличается спиралеобразным перемещением потока в пределах корпуса с последующим выводением через специальные отверстия [1].

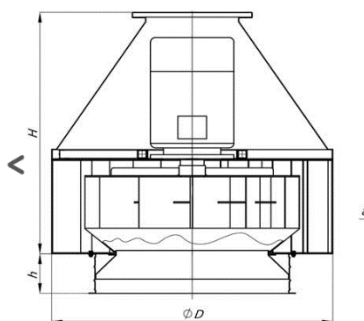


Рисунок 3 – Схема крышного вентилятора (ВКР)

Вытяжные вентиляторы для кровли изготавливаются в виде моноблока в общепромышленном, коррозионностойком и (или) взрывозащищенном исполнении. Внутри металлического корпуса располагается рабочее колесо с лопатками, отогнутыми в противоположную вращению сторону. Рабочее колесо соединено с вертикально расположенным приводом, который защищен от воздействия атмосферных осадков металлическим кожухом. Для крепления кровельного вентилятора к крыше здания на нижнем фланце предусмотрены отверстия под анкерный крепеж. Расширенная комплектация крышного вентилятора ВКР включает в себя клапан, поддон и стакан (для повышенной защиты оборудования от воздействия атмосферных осадков) [1].

ВКР низкого давления и одностороннего всасывания устанавливаются на кровле общественно-административных, жилых зданий, производственных сооружений в качестве основного звена вытяжной системы вентиляции. Данные вентиляторы применяют для работы без сети воздуховодов, но, если производительность больше минимальной, возможно подключение и с воздуховодами. ВКР используются в вытяжных вентиляционных системах для перемещения воздуха и газопаровоздушных смесей в промышленных, общественных и жилых зданиях. Производительность ВКР варьируется в широком диапазоне, от 900 и до 111600 м³/сек, благодаря чему можно подобрать вентилятор под любые требуемые условия использования [1].

Мельничные вентиляторы ВМ (пылевые) предназначены для пневматической транспортировки неагрессивной угольной пыли в системе пылеприготовления котельных агрегатов. Конструкция вентилятора ВМ рассчитана на установку его после сепараторов и циклонов и допускается запыленность потока воздуха до 80 г угольной пыли на 1 м³ воздуха. Допускается применение промышленных вентиляторов ВМ в технологических линиях на предприятиях черной и цветной металлургии, а также в других отраслях промышленности для транспортировки неагрессивных сред, с запыленностью перемещаемой аэроsmеси твердыми частицами – не более 80 г/м³. По абразивности и склонности к налипанию на лопатки рабочих колес указанные частицы не должны отличаться от угольной пыли. Мельничные вентиляторы изготавливают из углеродистой или коррозионно-стойкой стали.

Вентилятор ВМ предназначен для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от –40° С, до +40° С, при относительной влажности 80 %, высоте над уровнем

моря – не более 1000 м, в условиях умеренного (У) климата категории размещения I по ГОСТ 15150 [3].

Дутьевые вентиляторы одностороннего всасывания типа ВД предназначены для подачи воздуха в топку паровых котлов. Допускается применение вентиляторов в технологических установках различных отраслей народного хозяйства для перемещения чистого воздуха, а также в качестве дымососов на газомазутных котлах с уравновешенной тягой [3].

Вентиляторы дутьевые предназначены для подачи газов в технологическое оборудование при сжигании различных видов топлива. Газовоздушные смеси не должны содержать взрывчатых веществ, липких и волокнистых материалов и вызывать ускоренной коррозии стали обыкновенного качества.

Эксплуатация вентилятора допускается при температуре перемещаемых газов не выше 200 °С с пыленностью не более 0,2 г/м³. Вентилятор предназначен для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от –40° С, до +40° С, относительной влажности 80 %, высоте над уровнем моря – не более 1000 м в условиях умеренного климата категории размещения I по ГОСТ 15150. Дутьевые вентиляторы изготавливают из углеродистой или коррозионно-стойкой стали [3].

Вентилятор устанавливается за пределами помещений вне зоны длительного пребывания людей.



Рисунок 4 – Дымососы ДН

Дымососы типа ДН (лопатки рабочего колеса загнуты назад) предназначены для удаления дымовых газов из топок паровых и водогрейных котлов, для перемещения пылегазовоздушных смесей в других технологических установках (рисунок 4) [5].

Дымососы рассчитаны для перемещения дымовых газов и невзрывоопасных пылегазовоздушных смесей с температурой от –30° С, до +200° С, пыленностью до 0,2 г/м³, температурой окружающей среды от –40° С, до +40° С. Дымососы могут быть изготовлены с правым и левым вращениями рабочего колеса и углами поворота нагнетательного патрубка от 0° до 270° через 15°. В зависимости от типоразмера дымососа и пожелания заказчика в комплект поставки может входить (или не входить) направляющий аппарат, который служит для регулирования производительности дымососа [5].

Список использованных источников

1. Вентиляция производственных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ceds.ru/blog/ventilyatsiya-proizvodstvennyh-pomeshhenij/>. – Дата доступа: 07.04.2024.
2. Промышленные вентиляторы – описание и применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://panoramavent.ru/poleznye-statii/promyshlennye-ventilyatory-opisanie-i-primenenie/>. – Дата доступа: 07.04.2024.

3. Мельничный вентилятор ВМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ventstroy.ru/products/fans_radial_detail.php?ID=84. – Дата доступа: 07.04.2024.
4. Вентиляторы дутьевые ВД и ВДН-20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ventstroy.ru/products/fans_radial_detail.php?ID=83. – Дата доступа: 07.04.2024.
5. Дымососы ДН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ventstroy.ru/products/fans_radial_detail.php?ID=82. – Дата обращения 07.04.2024.
6. Дячек, П. И. Насосы, компрессоры и вентиляторы : учеб. пособие / П. И. Дячек. – М. : Издательство АВС, 2015. – 432 с.

Касперович Д.А.

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ВЕТРА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-19. Научный руководитель: Новосельцева Д. В., к. т. н, доцент, доцент кафедры природообустройства.

Сущность процесса аэрации жилой застройки состоит во взаимодействии движущегося потока воздуха (ветра) и общей застройки – неподвижных преград – зданий, различных элементов благоустройства, озеленения.

Застройка воздействует на воздушный поток, деформируя его направление и изменяя скорость. А в некоторых случаях сама застройка и является причиной возникновения воздушных потоков.

Ветер влияет на микроклимат застроенной территории и тем самым определяет среду жизнедеятельности человека. Воздействие ветра на здания и сооружения и, наоборот, влияние жилой застройки на ветровой режим – это взаимно связанные процессы [1].

Когда здание находится в системе застройки, то сложно сказать, при каком направлении ветра те или иные стены здания будут испытывать ветровой подпор или отсос и какие по величине будут эти воздействия [1].

Ветровое давление пропорционально безразмерной величине – аэродинамическому коэффициенту, который показывает, какая доля скоростного напора переходит в давление:

$$p = k \cdot \frac{\rho v^2}{2} \tag{1}$$

где p – давление в $\text{кг}/\text{м}^2$;

k – аэродинамический коэффициент;

$\frac{\rho v^2}{2}$

– скоростной напор невозмущенного потока.

Аэродинамические коэффициенты зависят от формы зданий, их геометрических параметров, степени защищенности и расположений зданий относительно направления ветра [1].

За счет разности давлений происходит инфильтрация и эксфильтрация воздуха через ограждающие конструкции зданий, а также осуществляется проветривание квартир. Инфильтрация воздуха в зимний период года повышает теплопотери зданий [1].

Целью данной работы является изучение влияния направления и скорости ветра на тепловые потери зданий, а также на их удельную тепловую характеристику.

Удельная тепловая характеристика служит показателем способности здания сохранять теплоту в холодный период года. Она имеет важное значение для экономически обоснованного проектирования систем отопления зданий.

Величина удельной тепловой характеристики является эксплуатационным показателем проектируемого здания – чем она выше, тем больше затраты на отопление.

Также удельная тепловая характеристика является критерием для оценки экономичности здания в теплотехническом отношении при сравнении различных вариантов проекта.

Экспериментальный стенд состоит из четырех моделей зданий с одинаковыми объемами ($\approx 0,002 \text{ м}^3$), но с различной конфигурацией и с различной площадью поверхностей. В качестве теплоносителя используется вода, подогретая электрическим водонагревателем до температуры $60\text{--}70^\circ\text{C}$. После нагрева воды каждая модель заполняется полностью. Далее необходимо подождать около трех минут для отсчета показаний термометра. При снятии начальных температур засекается время проведения опыта для определения удельной тепловой характеристики. По истечении заданного времени снимается конечная температура воды в каждой модели.

Всего было проведено 5 опытов. Первый опыт был при обычных условиях. Модели зданий были заполнены теплоносителем. И процесс теплоотдачи длился 80 минут.

Последующие опыты были проведены с использованием вентилятора для обдува в качестве имитации ветра.

При выполнении 2-го и 3-го опытов вентилятор находился на условно принятом востоке, справа от моделей на расстоянии 1,5 метра (рисунок 1). В первом случае среднее значение скорости ветра в точке 1 было равно $1,5 \text{ м/с}$, а в точке 2 - $1,2 \text{ м/с}$. Во втором случае $1,2 \text{ м/с}$, $1,0 \text{ м/с}$. Скорость измеряется с помощью анемометра.

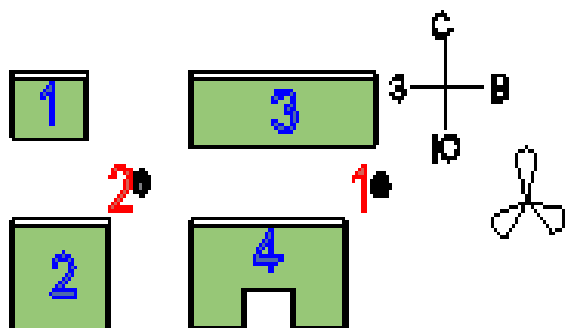


Рисунок 1 – Схема и фото экспериментального стенда для опытов № 2 и № 3

При выполнении 4-го и 5-го опытов вентилятор находился на условно принятом юге, перед моделями на расстоянии 1 метра (рисунок 2). В первом случае среднее значение скорости ветра в точке 1 было равно $2,2 \text{ м/с}$, а в точке 2 - $2,0 \text{ м/с}$. Скорость измеряется с помощью анемометра. Во втором опыте $g_1 = 1,9 \text{ м/с}$, $g_2 = 1,7 \text{ м/с}$.

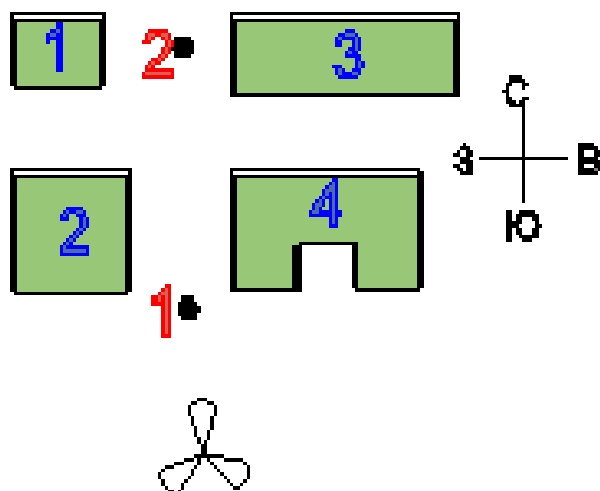


Рисунок 2 – Схема и фото экспериментального стенда для опытов №4 и №5

Результаты измерений температур занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ Оп.	Время замера, мин	Температура воды в моделях в начале и конце замеров, °C			
		Модель №1, °C	Модель №2, °C	Модель №3, °C	Модель №4, °C
1	80	$t_n = 61, t_k = 42$	$t_n = 61,5, t_k = 43,5$	$t_n = 59, t_k = 40,5$	$t_n = 57, t_k = 40$
2	80	$t_n = 64, t_k = 31,5$	$t_n = 65, t_k = 36$	$t_n = 65, t_k = 30$	$t_n = 64, t_k = 30$
3	60	$t_n = 64, t_k = 40$	$t_n = 63, t_k = 41$	$t_n = 60, t_k = 36$	$t_n = 61, t_k = 35$
4	90	$t_n = 63, t_k = 34$	$t_n = 58, t_k = 33$	$t_n = 63,5, t_k = 37$	$t_n = 60, t_k = 31$
5	80	$t_n = 66, t_k = 39$	$t_n = 62, t_k = 39,5$	$t_n = 65, t_k = 39$	$t_n = 65, t_k = 35$

Удельная тепловая характеристика модели здания $q, \text{Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{K}$, определяется по формуле

$$q = \frac{Q}{V_m \cdot (t_{\text{ср.м.}} - t_n)}, \quad (2)$$

где Q – количество теплоты, теряемой моделью за время опыта, Вт;

V_m – объем модели (для всех моделей равен $0,002 \text{ м}^3$);

$t_{\text{ср.м.}}$ – средняя температура воды в модели за время опыта, °C;

t_n – средняя температура воздуха в помещении за время опыта, °C.

Средняя температура $t_{\text{ср.м.}}, ^\circ\text{C}$ определяется по формуле

$$t_{\text{ср.м.}} = \frac{t_n + t_k}{2}, \quad (3)$$

где t_n и t_k – начальная и конечная температуры воды в модели, °C.

Потеря теплоты моделью $Q, Вт$:

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot (t_n - t_k)}{\tau}, \quad (4)$$

где m – масса воды в модели, кг;

τ – время проведения опыта, с;

$c = 4190$ – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·град.

Масса воды $m, кг$ в модели:

$$m = \rho \cdot V_m, \quad (5)$$

где ρ – плотность воды при температуре $t_{ср.м.}, кг/м^3$;

V_m – объем модели (для всех моделей равен $0,002 м^3$).

По формулам (2) – (5) были произведены расчеты, результаты которых сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты обработки опытных данных

№ моделей	№ опыта	Средняя температура воды в модели $t_{ср.м.}$	Температура воздуха в помещении, °C	Разность температур, °C	Объем воды в модели, м ³	Плотность воды, кг/м ³	Масса воды в модели, кг	Количество теплоты, теряемой моделью, Вт	Время проведения опыта, мин	Удельная тепловая характеристика модели здания, Вт/м ³ ·К
1	1	51,5	20,7	30,8	0,002	1000	2	29,485	90	478,653
2	1	51	20,7	30,3	0,002	1000	2	27,933	90	460,941
3	1	49,75	20,7	29,05	0,002	1000	2	24,519	90	422,014
4	1	48,5	20,7	27,8	0,002	1000	2	26,382	90	474,496
1	2	47,75	19	28,75	0,002	1000	2	56,74	80	986,783
2	2	50,5	19	31,5	0,002	1000	2	50,622	80	803,524
3	2	47,5	19	28,5	0,002	1000	2	61,104	80	1072
4	2	47	19	28	0,002	1000	2	59,358	80	1059,964
1	3	52	18,8	33,2	0,002	1000	2	55,867	60	841,371
2	3	52	18,8	33,2	0,002	1000	2	51,211	60	771,25
3	3	48	18,8	29,2	0,002	1000	2	55,867	60	956,627
4	3	48	18,8	29,2	0,002	1000	2	60,522	60	1036,336
1	4	51,5	20,4	31,1	0,002	1000	2	45,004	80	723,537
2	4	52,5	20,4	30,1	0,002	1000	2	38,796	80	644,452
3	4	49,75	20,4	29,35	0,002	1000	2	41,124	80	700,579
4	4	48,5	20,4	28,1	0,002	1000	2	45,004	80	800,783
1	5	48,5	20,1	28,4	0,002	1000	2	41,904	80	737,767
2	5	45,5	20,1	25,4	0,002	1000	2	34,92	80	687,402
3	5	50,25	20,1	30,15	0,002	1000	2	40,352	80	669,187
4	5	45,5	20,1	25,4	0,002	1000	2	46,56	80	916,535

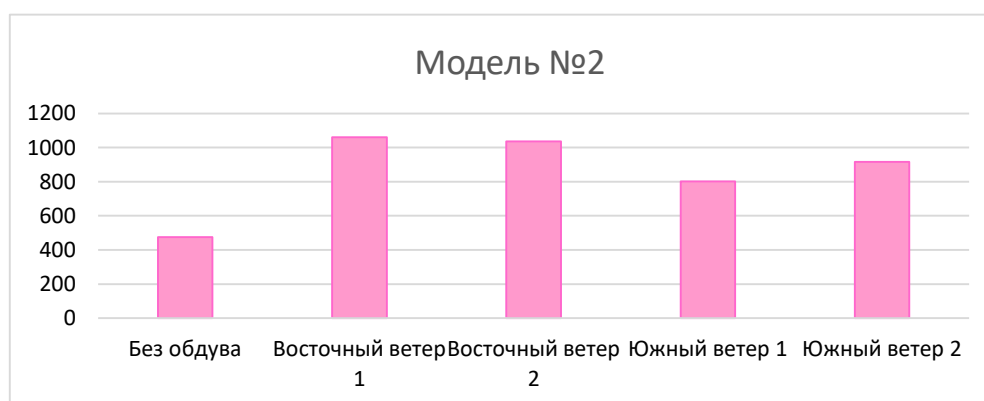
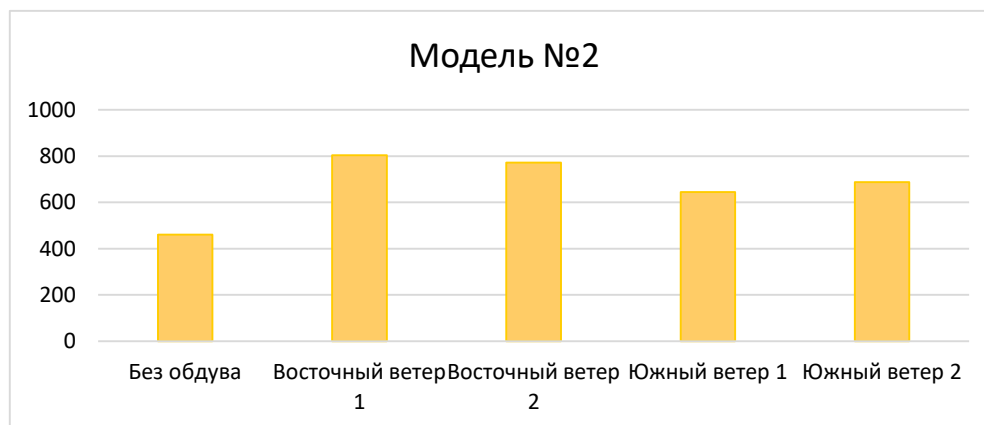
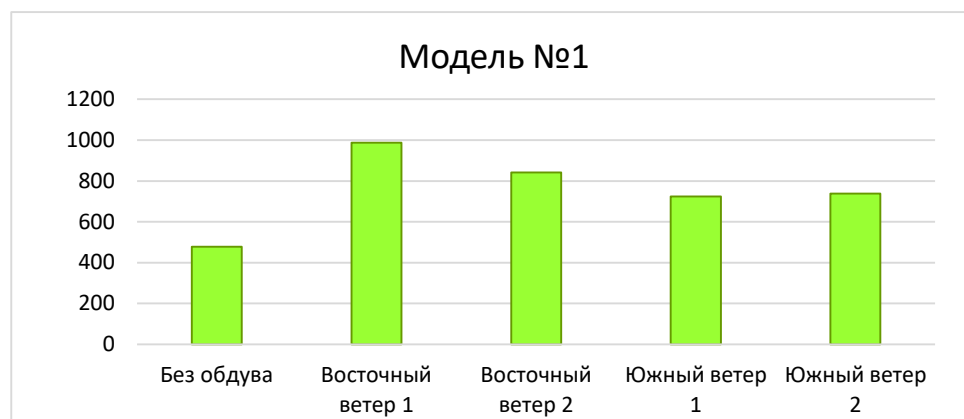


Рисунок 3 – диаграммы зависимости удельной тепловой характеристики здания от скорости ветра

На основании полученных данных были построены диаграммы для каждой модели здания, отображающие зависимость удельной тепловой характеристики здания от скорости ветра (рисунок 3).

По результатам проведенных опытов можно сделать следующий вывод: при увеличении скорости ветра тепловые потери здания увеличиваются.

Список использованных источников:

1. Серебровский, Ф. Л. Аэрация жилой застройки : учебное пособие. – М. : Горьковская правда, 1971. – 112.

Калютич Е.В., Бычкова М.Н., Лыч Е.А.

ОБЗОР ДЕКОРАТИВНЫХ ЭКРАНОВ ДЛЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Брестский государственный технический университет. студенты факультета инженерных систем и экологии специальности «Инженерные сети и оборудование зданий; профилизация: Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» группы ТВ-21. Научный руководитель Новосельцев В. Г., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Декоративные экраны для отопительных элементов сочетают в себе стиль и функциональность, предоставляя возможность улучшить внешний вид помещения и обеспечить безопасность. Они защищают от прямого контакта с нагретыми поверхностями, что особенно важно для безопасности детей и домашних животных. Однако стоит учитывать, что использование таких экранов может привести к снижению эффективности теплопередачи на 10-15%. При выборе экрана важно учитывать материал, его прочность, а также устойчивость к теплу и влаге.

ПЛАСТИК

Преимущества: Легкие, устойчивы к влаге, доступны в различных цветах и дизайнах.

Недостатки: Могут быть менее прочными, менее эстетичными, чем другие материалы. Теплоотдача может снизиться из-за уменьшения циркуляции воздуха.

Стоимость: Обычно дешевле в установке и обслуживании.

РОТАНГ

Преимущества: Естественный вид, легкий, устойчив к влаге.

Недостатки: Может потребовать специального ухода для сохранения вида, иссыхает со временем и становится менее прочным, чем другие материалы.

Стоимость: Установка и обслуживание могут быть дороже из-за требований по уходу.

ИСКУССТВЕННЫЙ РОТАНГ

Преимущества: Легкий, устойчив к влаге, требует меньше ухода, чем натуральный ротанг.

Недостатки: Может быть менее прочным и менее эстетичным по сравнению с натуральным ротангом.

Стоимость: Обычно более доступен в установке и обслуживании, чем натуральный ротанг.

СТЕКЛО

Преимущества: Современный вид, гладкая поверхность легко очищается, толстое стекло трудно случайно разбить.

Недостатки: Они довольно дороги и трудны в установке, но при этом очень красивы и долговечны.

Стоимость: Обычно дороже в установке и обслуживании из-за высокой цены стекла и дополнительных мер предосторожности.

АЛЮМИНИЙ

Преимущества: Легкий, прочный, устойчив к влаге и коррозии и имеют современный внешний вид.

Недостатки: Могут быть менее эстетичными, чем другие материалы.

Стоимость: Установка и обслуживание могут быть дороже, чем у пластиковых или деревянных экранов.

НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ

Преимущества: Прочный, устойчив к влаге, коррозии и высоким температурам, имеют современный и стильный внешний вид, легко чистятся и требуют минимального ухода

Недостатки: Могут быть дороже и менее эстетичными, чем другие материалы.

Стоимость: Стоимость установки таких экранов может быть выше по сравнению с такими как пластик или дерево.

ПАНЕЛИ ИЗ ВЫСОКО ПЛОТНОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА (HDF)

Преимущества: HDF является прочным материалом, он обладает высокой плотностью и хорошей устойчивостью к влаге. Панели из HDF выглядят лучше когда их оклеивают пленкой, окрашивают.

Недостатки: HDF более склонен к повреждениям от ударов и царапин по сравнению с другими материалами. Также не покрытые панели могут быть менее эстетичными.

Стоимость: Обычно они более доступные по сравнению с другими материалами, такими как натуральное дерево или металл, но стоимость может варьироваться.

Учитывая многообразие отопительных приборов и современных материалов считаем целесообразным в наших дальнейших исследованиях рассмотреть вопрос о разработке новых видов декоративных экранов, органично вписывающихся в любые интерьеры помещений различного назначения, с минимальным снижением теплоотдачи отопительных приборов.

Список использованных источников.

1. Назарова В.И., Современные системы отопления., 2011
2. <https://xn--80aamezczq4a3f.xn--p1ai/kakie-byvayut-ekrany-dlya-batarey-otopleniya>.
3. https://dzen.ru/a/YORpVTOE_yReuE6W.

Косынюк А. А., Королев И. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООТДАЧИ КОНВЕКТОРА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-19. Научный руководитель: Новосельцева Д.В., к. т. н, доцент, доцент кафедры природообустройства.

Конвектор – это обогреватель, состоящий из корпуса и нагревательного элемента. Холодный воздух нагревается внутри прибора выходит через решетки-жалюзи. Снизу поднимается следующая порция холодного воздуха. Таким образом обеспечивается циркуляция тепла по помещению. Отопительные приборы такого типа более 75 % теплового потока передают конвекцией.

Существуют следующие виды конвекторов (по способу размещения) [1] :

Настенные – конвектора, которые подвешиваются на специальных кронштейнах (креплениях) к стене

Напольные – устанавливаются на специальных кронштейнах (ножках) возле остекления (витражей)

Универсальные – как правило, такие конвектора могут быть расположены как настенные, так и напольные

Встраиваемые – конвектора которые встроенные в пол, как правило такие конвектора используют при витражах и отопления вестибюлей.

Плинтусные – конвектора установленные по периметру помещения, с самой нижней точки стены.

Регулирование теплоотдачи отопительных приборов может осуществляться двумя способами [2]:

Количественное регулирование – изменение температуры теплоносителя подаваемого в систему отопления.

Качественное регулирование - изменение количества теплоносителя, подаваемого в систему или отопительный прибор.

Так как конвектор большую часть теплового потока передает конвекцией, а не излучением, мы предлагаем другой вид регулирования, не требующий изменения количества теплоносителя, а также его температуры, а изменяя лишь условия его теплоотдачи.

Для проведения опытов мы использовали картонную заслонку и конвектор – ПНК 209 (рисунок 1).



Рисунок 2- Конвектор— ПНК209

Опыт 1.

Суть первого опыта заключается в изменении площади теплового потока путем раздвижения заслонки в процентном соотношении от длины конвектора (рисунок 2).



Рисунок 2 – Конвективная решетка, закрытая заслонкой

В начале опыта вся конвективная решетка была закрыта заслонкой (100 % закрыто). Далее через каждые 10 минут заслонку открывали на 10 % и снимали температуры на входе в конвектор и на выходе из конвектора. Тепловой поток, отдаваемый конвектором, рассчитали по формуле

$$Q = G \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}), \text{Вт}; \quad (1)$$

где, $c_{\text{в}}$ – теплоемкость воды ($c_{\text{в}} = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{К}$)

G – расход воды, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$.

$t_{\text{вх}}, t_{\text{вых}}$ – температура на входе и на выходе конвектора, °С

Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 3 – Экспериментальные данные опыта №1

ТЕМПЕРАТУРА			Расход воды G	Тепловой поток Q	% закрыто
в помещении (t)	на входе (t _{вх})	на выходе (t _{вых})			
19°	67	55	0,0125	628,50	0%
19°	67	61	0,0125	314,25	100%
19°	67	60	0,0125	366,63	90%
19°	67	60	0,0125	366,63	80%
19°	66,5	59	0,0125	392,81	70%
19°	66,5	59	0,0125	392,81	60%
19°	67	58	0,0125	471,38	50%
19°	67	57	0,0125	523,75	40%
19°	67	57	0,0125	523,75	30%
19°	68	57	0,0125	576,13	20%
19°	68	56	0,0125	628,50	10%
19°	68	55	0,0125	680,88	0%

до проведения опыта

после проведения опыта

На основании полученных результатов построена диаграмма зависимости теплового потока, Вт от процента закрытия конвективной решетки (рисунок 3).

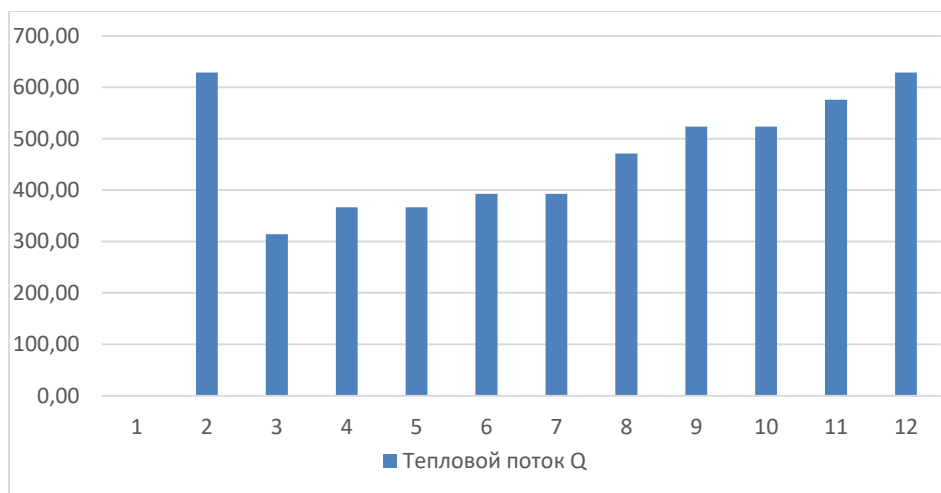


Рисунок 3 – Диаграмма зависимости теплового потока от процента закрытия конвективной решетки

Опыт 2.

Суть проведения второго опыта состоит в изменении теплового потока путем изменения угла прилегания заслонки к конвектору. Через каждые 10 минут были сняты температуры на входе и выходе, до момента полного открытия конвектора. Далее был рассчитан тепловой поток отдаваемый конвектором, по формуле (1). Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Экспериментальные данные опыта № 2

температура			Расход воды G	Тепловой поток Q	угол
в помещении (t)	на входе (t _{вх})	на выходе (t _{вых})			
21	69	61	0,0125	419,00	0
21	69	60	0,0125	471,38	6
21	68,5	59	0,0125	497,56	13
21	68	58	0,0125	523,75	35
21	68	58	0,0125	523,75	42
21	68	58	0,0125	523,75	55
21	68	58	0,0125	523,75	66
21	68	57	0,0125	576,13	90

На основании полученных результатов построена диаграмма зависимости теплового потока от угла примыкания заслонки (рисунок 4).

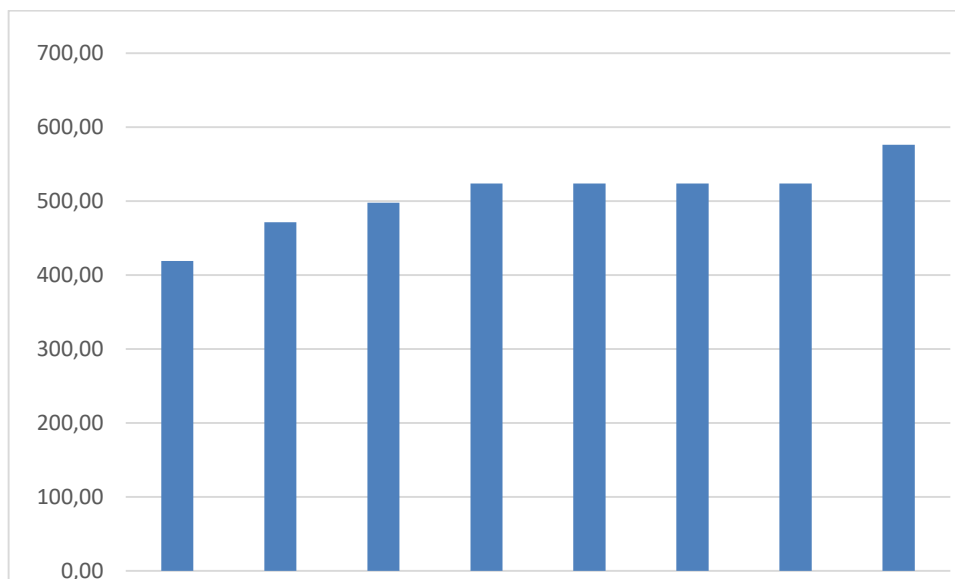


Рисунок 4 – Диаграмма зависимости теплового потока от угла примыкания заслонки

На основании полученных данных, можем сделать следующие выводы:

Так как конвектор более 75 % теплового потока передает конвекцией, а не излучением, можно изменить теплоотдачу конвектора, не прибегая к изменению гидравлики, то есть изменению количества теплоносителя.

Способ регулирования теплового потока путем изменения процента закрытия конвективной решетки более действенный. При закрытии 50 % длины конвективной решетки тепловой поток снижается на 25 %, при полном закрытии на 50 %.

Список использованных источников

1. Isoterm: Каталог продукции. – Москва, 2024.
2. Покотилов, В. В. Системы водяного отопления – Вена, 2008.

Кривецкий Н. С.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Янчилин П. Ф. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Вентиляция помещений — обязательное требование для создания благополучного микроклимата в любом из них. Вентиляция производственных помещений необходима потому, что практически любое производство влечет за собой выделение вредных для человека элементов, испарений и газов. Задачей вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и параметров микроклимата в производственных помещениях [1].

Микроклимат — совокупность факторов определяющих метеорологическую обстановку в помещении. К этим факторам относятся температура воздуха,

относительная влажность, скорость движения воздуха. Допустимые параметры микроклимата — такие сочетания перечисленных параметров, которые при длительном воздействии могут вызвать некоторое напряжение системы терморегуляции человека, но при этом не возникает нарушений в состоянии его здоровья. Оптимальные параметры микроклимата — такие сочетания перечисленных параметров, которые обеспечивают постоянное ощущение комфорта без напряжения системы терморегуляции человека [2].

Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха. Требования обеспечения высокого качества воздуха и энергосбережения часто кажутся противоречивыми, но это далеко не так. Существуют различные способы существенного снижения энергозатрат и одновременного улучшения качества воздуха:

1. Соблюдение требований санитарно-гигиенических норм расхода вентиляционного воздуха, подаваемого в единицу времени для обычного среднестатистического человека, находящегося в помещении, является одним из таких способов. По мнению ряда специалистов, в Беларуси и в других странах постсоветского пространства эта величина немного завышена. Вероятно, необходима оптимизация величины температуры внутреннего воздуха среди объектов различного типа и назначения. Бесспорно, что понижение зимней и повышение летней температуры внутреннего воздуха позволяет значительно сократить расходы энергии на его подготовку [3].
2. Уменьшение расхода электроэнергии на вентиляторных установках.

Основные направления уменьшения расхода электроэнергии, потребляемой вентиляторными установками:

Энергоэффективные вентиляторы в приточно-вытяжных установках — персональное частотное регулирование электродвигателей вентиляторов с применением электроннокоммутируемых приводов (ЕС-двигатели). Применение частотно-регулируемого электропривода позволяет плавно с требуемым темпом разгона запускать вентилятор. А возможность работы электропривода в замкнутой системе управления по сигналам обратной связи делает возможным регулирование частоты вращения вентилятора по необходимости. Такая оптимизация приводит к уменьшению энергопотребления, увеличению межремонтных циклов технологического оборудования, уменьшению количества дежурного персонала.

При малых расходах вентилятор вращается на малой скорости, обеспечивая поддержание номинального расхода и не тратя лишней энергии. При этом механические нагрузки на подшипники и валы становятся меньше, что увеличивает время эксплуатации и сокращает вынужденные простои. Таким образом, экономятся электроэнергия и ресурс оборудования. В то же время эти факторы вносят существенный вклад в высокую надежность и максимальную работоспособность вентиляторных установок [1].

Повышение КПД вентиляторных установок путем замены устаревших малопроизводительных вентиляторных установок вентиляторами с высоким КПД.

Снижение аэродинамических потерь в системе вентиляции приводит к снижению энергопотребления на работу вентилятора. Потери в системе вентиляции возникают из-за того, что для обеспечения требуемого расхода воздуха приходится устанавливать дополнительные элементы (заслонки, клапана, шиберы и прочее). И это не может не влиять на общее энергопотребление системы вентиляции. Снизить затраты можно за счет установки отдельных вентиляторов на каждую из веток системы. В

настоящее время существует огромное количество производителей вентиляционного оборудования, готовых предложить вентиляторы с необходимым расходом воздуха, а также с низким энергопотреблением, что является безусловным плюсом [3].

3. Использование современных информационных технологий при организации системы диспетчеризации, управления и учета производства и потребления энергии. Например, предусматривать автоматическое управление вентилятором, чтобы при достижении целевой температуры в помещении он автоматически переключается на низкую скорость; автоматический перевод на различные режимы работы; внедрение графиков работы вентсистем. Интегрированная автоматика управления обладает возможностью работы в различных режимах (контроль содержания углекислого газа CO_2 , поддержание постоянного давления в системе воздухопроводов, автоматический контроль климата, контроль загрязнения фильтров и т. д.). Могут быть использованы для контроля за эффективным использованием энергии и беспроводные сенсорные сети [2].

4. Применение теплоизоляционных материалов.

Изоляция воздухопроводов вентиляции обеспечивает долговечность эксплуатации системы и повышает ее эффективность. Основными причинами, по которым необходимо выполнить теплоизоляцию, являются:

- если часть воздуховода проходит вне помещения, на этом участке наиболее вероятно образование и скопление конденсата, который может замерзнуть и занимать часть внутреннего пространства, что ухудшает вентиляцию;
- также важна энергоэффективность – для чего необходимо снизить теплопотери, что особенно актуально для вентиляции с подогревом;
- наличие изоляции позволяет снизить шум и вибрацию в системе.

5. Использование систем рециркуляции воздуха.

Одним из наиболее эффективных способов уменьшения энергозатрат при эксплуатации систем вентиляции является внедрение технологии утилизации тепла вытяжного воздуха. К числу подобных решений относится частичная либо полная рециркуляция воздуха. При частичной рециркуляции происходит подмешивание удаляемого воздуха к наружному воздуху, и полученная смесь подается в помещение в качестве приточного воздуха. При полной рециркуляции осуществляется обработка только рециркуляционного воздуха.

В холодный период года к наружному воздуху подмешивается теплый вытяжной воздух, полученная воздушная смесь нагревается до заданной температуры и подается в помещение. Рециркуляция воздуха в системе приточно-вытяжной вентиляции позволяет экономить тепловую энергию, расходуемую на подогрев приточного воздуха, так как начальная температура приточного воздуха на входе в теплообменник выше температуры наружного воздуха, тем самым снижается нагрузка на систему обработки воздуха [4].

6. Использование систем рекуперации.

Удаляемый из помещений воздух — самый энергоемкий вторичный поток. Теплоту вытяжного воздуха можно использовать для нагревания воздуха приточных систем вентиляции, тем самым можно свести к минимуму потери теплоты при удалении теплого вытяжного воздуха. Для обеспечения процесса передачи теплоты от удаляемого воздуха приточному предназначены специальные теплообменные агрегаты, называемый рекуператорами. Принцип рекуперации основан на использовании теплоты удаляемого из помещения воздуха.

В настоящее время известны четыре типа утилизаторов тепла вытяжного воздуха: пластинчатые и роторные теплообменники, тепловые трубы и утилизаторы на основе промежуточного энергоносителя (как правило, этиленгликоля). В пластинчатых и роторных теплообменниках передача тепла осуществляется через стенку. В тепловых трубах тепло переносится изменением агрегатного состояния теплоносителя. В теплообменниках с промежуточным теплоносителем тепло переносится потоком мелкодисперсного материала или жидкости. Фактически такой теплообменник состоит из двух, они могут располагаться на значительном расстоянии друг от друга. Использование того или иного типа теплообменника в каждом конкретном случае должно быть обосновано технико-экономическим расчетом, поскольку каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Наибольшее распространение в системах вентиляции получили рекуперативные пластинчатые и роторные теплообменники и теплообменники с промежуточным теплоносителем.

- Конструкция пластинчатого рекуператора представляет собой систему каналов из металлических пластин, по которым движется воздух. В пластинчатом рекуператоре с перекрестным движением воздушных масс потоки приточного и вытяжного воздуха движутся перпендикулярно друг другу, а в рекуператоре с противоточным движением – в противоположных направлениях. За счет высокой теплопроводности стенок каналов происходит передача тепла от вытяжного воздуха к приточному. Используя такой принцип работы, пластинчатый рекуператор обеспечивает бесперебойный подогрев входящего наружного воздуха в холодное время года и сводит к практическому минимуму тот распространенный эффект, который принято называть «обогревом улицы», что и является главной особенностью так называемых энергоэффективных систем. КПД подобных установок достигает 70 %.
- Роторный рекуператор представляет собой барабан, который состоит из металлических ячеек. При вращении барабана вокруг своей оси в каждый из отсеков поочередно попадает теплый и холодный воздух. Под воздействием теплого вытяжного воздуха ячейка нагревается, а попадая в зону приточного воздуха, отдает теплоту приточному воздуху. В роторных рекуператорах, в отличие от пластинчатых, происходит частичное перемешивание воздушных потоков, вследствие этого часть загрязненного вытяжного воздуха возвращается в помещение вместе с приточным воздухом. Кроме того, данный тип оборудования из-за наличия движущихся частей нуждается в более частом и более серьезном обслуживании. КПД данных установок достигает 85 %.
- Для утилизации тепла вытяжного воздуха можно использовать установки с промежуточным теплоносителем. Данные устройства представляют собой два жидкостных теплообменника. Один из теплообменников расположен в вытяжном канале, другой – в приточном. Принцип действия водяного рекуператора воздуха заключается в переносе тепловой энергии из отдельно стоящего вытяжного теплообменника в приточный с помощью воды, антифриза, либо других теплоносителей. Теплоноситель нагревается вытяжным воздухом, а затем передает тепло приточному воздуху. Данный тип рекуператоров применяется при отсутствии возможности расположения вытяжной и приточной магистралей близко друг к другу, когда недопустимо смешивание приточного и вытяжного воздуха. КПД данных установок составляет порядка 60 % [4].

В отличие от общественной вентиляции, при проектировании промышленной вентиляции рециркуляцию воздуха и рекуперацию не всегда возможно использовать, только если технология производства все-таки позволяет повторное использование удаляемого воздуха. Например, к такому производству можно отнести пищевую и текстильную промышленность, металлорежущие цеха.

Вентиляция промышленных предприятий является одним из важнейших факторов, который определяет здоровье работников. Ее проектирование – довольно сложный процесс, в ходе которого необходимо учитывать специфические особенности производства: интенсивное выделение теплоты, влаги, выделение вредных для человека элементов, испарений и газов. Применение энергосберегающих технологий, связанных с использованием теплоты вытяжного воздуха (рециркуляция и рекуперация, если это допустимо), уменьшения расхода электроэнергии, потребляемой вентиляторными установками, применение теплоизоляционных материалов позволяет снизить потери теплоты при эксплуатации систем вентиляции, снизить расход электроэнергии.

Список использованных источников:

1. Вильданов, Р. Г. Разработка мероприятий по энергосбережению в системах промышленной вентиляции [Электронный ресурс] / Р. Г. Вильданов, М. Р. Вагапов, И. Р. Фарваев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.; Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19254/>. – Дата доступа: 06.04.2024.
2. Ключева, Е. В. Энергоэффективное проектирование систем вентиляции и кондиционирования / Е. В. Ключева, С. Р. Сальникова, П. Ф. Янчилин // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : материалы международного научного семинара. Брест, БрГТУ, 21 апр. 2023 г. / под ред. В. Г. Новосельцева, П. Ф. Янчилина, П. В. Северянина. – Брест : РУПЭ «Брестэнерго», 2023. – С. 44–49.
3. Особенности систем вентиляции хлебозавода с применением энергосберегающих технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017034858/>. – Дата доступа: 07.04.2024.
4. Яншина, Э. Р. Пути повышения энергоэффективности систем вентиляции / Э. Р. Яншина, А. А. Брацук, Л. А. Иванова // Молодой ученый. – 2016, № 10 (114). – С. 333–337.

Кривецкий Н. С.

ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Янчилин П. Ф. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В данной статье рассмотрим характеристику прямоточного процесса с охладителем и пароувлажнителем при схеме воздухораспределения смешением.

Кондиционирование воздуха – это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определенном уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры [1].

Общие сведения о проектируемом объекте.

Конференц-зал, рассчитан на 120 человек. Помещение расположено на первом этаже здания. Высота этажа от пола до потолка – $h = 3,1$ м.

Характеристика данного помещения:

- конференц-зал, площадью ($F = 383,8 \text{ м}^2$) и объемом ($V = 1190 \text{ м}^3$);
- размеры световых проемов – $1800 \times 2400 \text{ h}$ (11 шт.);
- предполагаемое количество людей в помещении 1–20 человек;
- помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- расчетный расход воздуха при данной схеме (на разницу температур

$\Delta t = 5^\circ \text{C}$, так как воздух подается по схеме «сверху – вверх»):

$G = 8757,89 \text{ кг/ч}$, $L = 7298,24 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Построение процесса начинаем с нанесения на $I-d$ -диаграмму точек Н и В, характеризующих состояние наружного ($t_n = 26,5^\circ \text{C}$ и $I_n = 51,2 \text{ кДж/кг}$) и внутреннего воздуха ($t_v = 25^\circ \text{C}$ и $\phi_v = 60\%$) для расчетных условий. Параметры точки Н – температура и энтальпия – принимаем по [2]. Параметры точки В – температура и энтальпия – принимаем по [3].

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\varepsilon_t = 5837 \text{ кДж/кг}$ (получили после расчета вредных выделений) на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_n = 20^\circ \text{C}$) и точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_y = 26,92^\circ \text{C}$).

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

Из точки П' по $t = \text{const}$ проводим линию до пересечения с линией, опущенной по $d_n = \text{const}$ из точки Н. На пересечении этих линий получим точку О. Отрезок НО характеризует процесс охлаждения воздуха в поверхностном воздухоохладителе, а

трезок OP' – пароувлажнение воздуха в паровом увлажнителе до параметров точки P' [4].

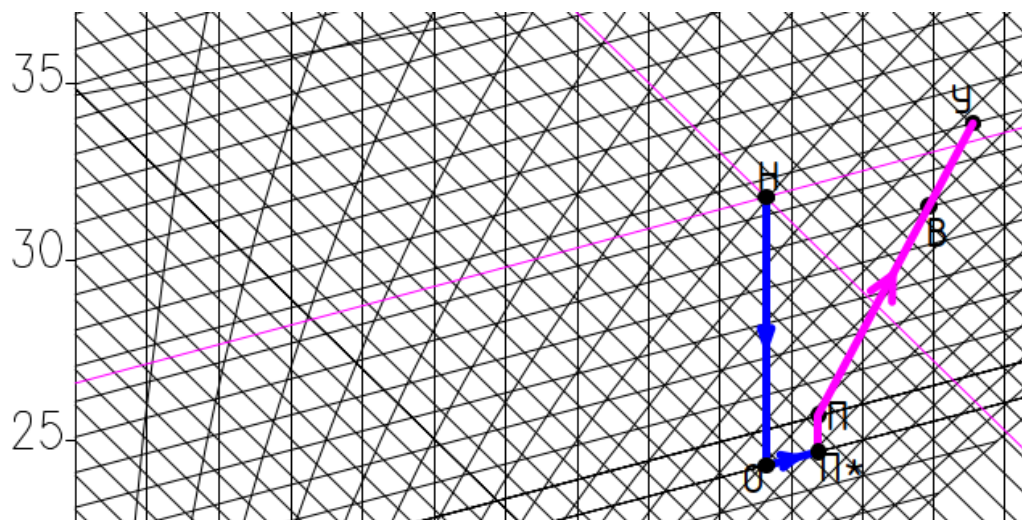


Рисунок 1 – Прямоточный процесс обработки воздуха с фреоновым воздухоохладителем и пароувлажнителем в теплое время года

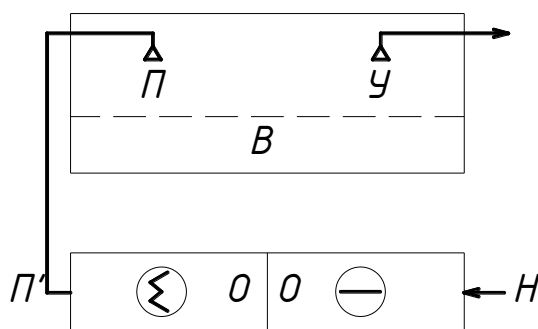


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки

Расход холода на охлаждение воздуха в воздухоохладителе: $G_p = 8757,89$ кг/ч

$$Q_x = L \cdot (I_n - I_o)$$

$$Q_x = (51,2 - 43,7) \cdot 8757,89 = 65684,17 \text{ кДж/ч} = 18,24 \text{ кВт.}$$

Количество пара, необходимого для процесса ОП', определим по формуле

$$G_{\Pi} = L \cdot (d_{\Pi} - d_o)$$

$$G_{\Pi} = 8757,89 \cdot (10,37 - 9,72) = 5692,63 \text{ г/час} = 5,69 \text{ кг/час.}$$

Количество теплоты необходимое для нагрева воды:

$$Q_b = G_{\Pi} \cdot c_w \cdot \Delta t_b$$

$$Q_b = 5,69 \cdot 4,146 \cdot (100 - 12) = 2075,98 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 0,57 \text{ кВт.}$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева пара,

$$Q_{\Pi} = G_{\Pi} \cdot r$$

$$Q_{\Pi} = 5,69 \cdot 2260 = 12859,4 \text{ кДж/ч} = 3,57 \text{ кВт.}$$

Общая нагрузка с учетом КПД установки $\eta = 0,9$:

$$N_{\text{эл}} = (Q_{\Pi} + Q_b) / 0,9$$

$$N_{\text{эл}} = \frac{3,57 + 0,57}{0,9} = 4,6 \text{ кВт.}$$

Вывод. Для осуществления данного прямоточного процесса в теплый период нам требуется фреоновый воздухоохладитель, который охлаждает воздух потребляя количество энергии $N_x = 18,24$ кВт; пароувлажнитель, который потребляет $N_{эл} = 4,6$ кВт для генерации пара в объеме $G_{п} = 5,69$ кг/ч.

Список использованных источников

1. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогазоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 1 – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03–2019. – Введ. 16.12.2019 (с отменой СНБ 4.02.01-03) – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная науч.-техн. комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строит-ве (МНТКС), 2012. – 23 с.
4. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогазоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 2 Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.

Кривецкий Н. С.

ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Янчилин П. Ф. ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

В данной статье рассмотрим характеристику обработки воздуха с помощью калорифера, пароувлажнителя и первой рециркуляции в холодный период при схеме воздухораспределения смешиванием.

Кондиционирование воздуха – это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определенном уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры [1].

Общие сведения о проектируемом объекте.

Конференц-зал, рассчитан на 120 человек. Помещение расположено на первом этаже здания. Высота этажа от пола до потолка – $h = 3,1$ м.

Характеристика данного помещения:

– конференц-зал, площадью ($F=383,8$ м²) и объемом ($V=1190$ м³);

- размеры световых проёмов: 1800x2400h (11 шт.);
- предполагаемое количество людей в помещении 120 человек;
- помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- расчетный расход воздуха при данной схеме (на разницу температур $\Delta t = 5^\circ\text{C}$, так как воздух подается по схеме «сверху – вверх»):

$$G = 8757,89 \text{ кг/ч}, L=7298,24 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Построение всех процессов начинаем с нанесения на I-d-диаграмму точек Н и В, характеризующих состояние наружного ($t_n = -22^\circ\text{C}$ и $I_n = -21 \text{ кДж/кг}$) и внутреннего воздуха ($t_v = 20^\circ\text{C}$ и $\phi_v = 30\%$) для расчетных условий. Параметры точки Н – температура и энтальпия – принимаем по [2]. Параметры точки В – температура и энтальпия – принимаем по [3].

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\epsilon_x = 8446 \text{ кДж/кг}$ (получили после расчета вредных выделений) на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_n = 15^\circ\text{C}$) и точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_y = 20,8^\circ\text{C}$).

Для осуществления данного процесса обработки воздуха нам понадобится количество воздуха, которое мы можем вернуть в расчетное помещение $L_{\text{рец}} \text{ м}^3/\text{ч}$;

Величина CO_2 должна быть не меньше, чем предусмотрено нормами подачи наружного воздуха на одного человека для соответствующих зданий. В конференц-залах – не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на человека. Если оказывается, что CO_2 больше, чем L_n , то за расчетный воздухообмен принимается CO_2 и еще раз уточняется температура притока или внутреннего воздуха, как описано выше.

Если расчетный воздухообмен окажется выше минимально необходимого (нормируемого), то следует рассмотреть вопрос о целесообразности применения рециркуляции. Рециркуляция возможна, если она допустима по санитарно-гигиеническим соображениям, т. е. если в помещении не выделяются токсичные, пахучие или пожароопасные и взрывоопасные вещества. Рециркуляция целесообразна, если затраты на устройство и эксплуатацию систем рециркуляции не превышают стоимости энергии, экономия которой достигается за счет ее применения.

Построение процесса начинаем строить с первой рециркуляцией. Таким образом, происходит смешение наружного воздуха с параметрами т. Н и удаляемого с параметрами т. У. Отрезок НУ – процесс смешения воздуха, т. С, лежащая на этом отрезке, характеризует параметры воздуха на выходе из камеры смешения. Наиболее выгодное положение т. С определим, исходя из положения т. П'. Проводя прямую из т. П' до прямой Н, получим точку пересечения С, которая является результатом смеси наружного и удаляемого воздуха.

Положение точки С, соответствующее состоянию смеси наружного и удаляемого воздуха, определим из соотношения расходов $G_{\text{рец}}$ и G_n . Точка С делит отрезок НУ на отрезки, длины которых обратно пропорциональны количеству воздуха в смеси: $HC / CU = G_{\text{рец}} / G_n$. Далее из точки С поднимаем вертикально вверх прямую до линии $t_n = \text{const}$. На пересечении этих линий ставим точку К. Соединяем точку К и П по изотерме. Линия СК – процесс нагрева воздуха в калорифере, КП – увлажнение воздуха парогенератором [4].

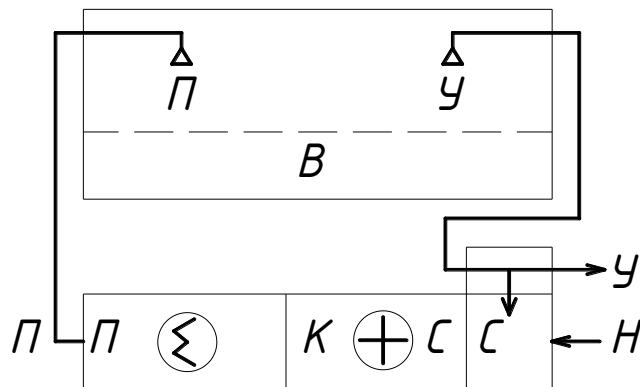


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки

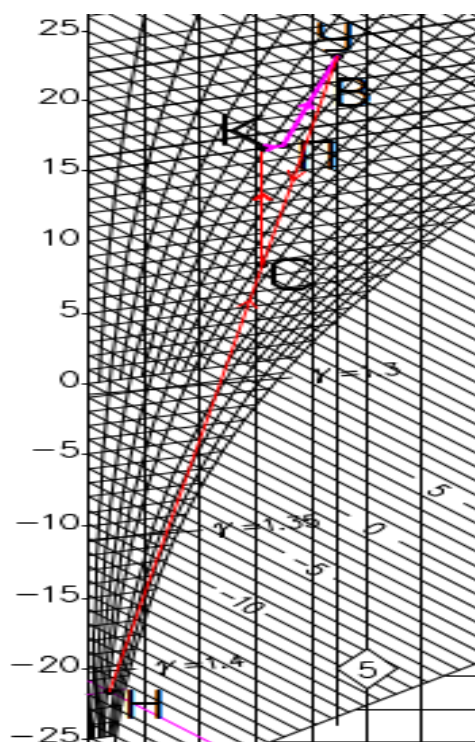


Рисунок 2 – Процесс обработки воздуха с ротационным рекуператором, калорифером и второй рециркуляцией

Задаемся процентом рециркуляции 67 %. Точка С делит отрезок HU на отрезки, длины которых обратно пропорциональны количеству воздуха в смеси, и, зная процент рециркуляции, определим необходимый расход наружного воздуха:

$$G_{\text{рец}} = 8757,89 \cdot 0,67 = 5867,78 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{н}} = 8757,89 - 5867,78 = 2890,11 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Расход теплоты на подогрев воздуха в калорифере второго подогрева:

$$Q_k^2 = L \cdot (I_k - I_c) = 8757,89 \cdot (23,9 - 14,67) = 80835,32 \text{ кДж/ч} = 22,45 \text{ кВт}.$$

Количество пара, необходимого для процесса КП, определим по формуле

$$G_{\text{п}} = L \cdot (d_{\text{п}} - d_{\text{к}}) = 8757,89 \cdot (3,53 - 3,15) = 3328 \text{ г/час} = 3,328 \text{ кг/час}.$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды,

$$Q_{\text{в}} = G_{\text{п}} \cdot C_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{в}}$$

$$Q_{\text{в}} = 3,328 \cdot 4,146 \cdot (100 - 12) = 1214,21 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 0,37 \text{ кВт}.$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева пара,

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{п}} \cdot r$$

$$Q_{\text{п}} = 3,328 * 2260 = 7521 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 2,09 \text{ кВт.}$$

Общий расход:

$$N_{\text{эл}} = (Q_{\text{п}} + Q_{\text{в}})/0,9$$

$$N_{\text{эл}} = \frac{0,37 + 2,09}{0,9} = 2,73 \text{ кВт.}$$

Вывод. Для осуществления данного процесса в холодный период нам требуется калорифер, который нагревает воздух потребляя количество энергии $N_{\text{х}} = 13,52 \text{ кВт}$; пароувлажнитель, который потребляет $N_{\text{эл}} = 2,73 \text{ кВт}$ для генерации пара в объеме $G_{\text{п}} = 2,09 \text{ кг/ч}$, количество смешиваемого удаляемого воздуха: $5867,78 \text{ кг/ч}$ (67 %).

Список использованных источников

1. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогазоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 1 – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03–2019. – Введ. 16.12.2019 (с отменой СНБ 4.02.01-03) – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная науч.-техн. комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строит-ве (МНТКС), 2012. – 23 с.
4. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогазоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 2 Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере. – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.

Максимович Е. А., Молитвик П. М.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-19. Научный руководитель: Лукаша В. В., к. т. н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Теплообменные аппараты нашли применение в разных областях деятельности, таких, как энергетика, нефтепереработка, пищевая промышленность, а также в системах отопления, кондиционирования и других технических системах. При проектировании систем отопления мы стараемся достичь наиболее эффективного распределения теплоты посредством использования отопительных приборов. Однако это не означает, что достигается максимальная возможная теплоотдача. В данной работе предоставлены виды теплопереноса, а также возможные способы интенсификации, способные улучшить теплоотдачу теплообменных аппаратов.

Теплопередача – учение о процессах распространения тепла. Распространение тепла осуществляется тремя основными способами: теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением.

Теплопроводность представляет собой процесс распространения тепловой энергии при непосредственном соприкосновении тел или отдельных частей тела, имеющих различную температуру. Теплопроводность обусловлена движением микрочастиц тела.

Конвекция возможна только в текучей среде. Под конвекцией тепла понимают процесс переноса тепловой энергии при перемещении объемов жидкости или газа в пространстве из области с одной температурой в область с другой. При этом перенос тепла неразрывно связан с переносом самой среды.

Тепловое излучение – это процесс распространения тепловой энергии с помощью электромагнитных волн. При тепловом излучении происходит двойное превращение энергии: тепловая энергия излучающего тела переходит в лучистую и обратно – лучистая энергия, поглощаясь телом, переходит в тепловую.

В природе и технике элементарные процессы распространения тепла – теплопроводность, конвекция в тепловое излучение – очень часто происходят совместно.

Теплопроводность в чистом виде большей частью имеет место лишь в твердых телах.

Конвекция тепла всегда сопровождается теплопроводностью, так как при движении жидкости или газа неизбежно соприкосновение отдельных частиц, имеющих различные температуры. Совместный процесс конвекции и теплопроводности называется конвективным теплообменом или теплоотдачей.

Конвективная теплоотдача часто сопровождается излучением.

В технике и быту часто происходят процессы теплообмена между различными теплоносителями, разделенными твердой стенкой. Процесс передачи тепла от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку называется теплопередачей. Процесс теплопередачи осуществляется различными элементарными процессами теплопереноса, происходящими одновременно [1].

Интенсификация процессов теплообмена и повышение энергетической эффективности устройств, в которых эти процессы протекают, являются лейтмотивом развития теплообменных аппаратов. В настоящий момент существует ряд разработанных и опробованных способов, которые позволят достигнуть стабильности работы теплообменников и увеличить их производительность.

Задачи интенсификации теплообмена сводятся к уменьшению габаритов и массы теплообменных устройств или к снижению температурного напора по сравнению с их величиной, которая достигается в данных условиях обычными путями. Если увеличение скорости потока в пределах, допустимых на практике, не обеспечивает получения необходимых габаритов теплообменного устройства, то необходима интенсификация теплообмена методами, которые обеспечат уменьшение габаритов при умеренном увеличении суммарных потерь мощности на прокачку теплоносителей через теплообменные аппараты [2].

При выборе наиболее подходящего метода стоит учитывать не только ожидаемую эффективность, но и обратиться к дополнительным факторам:

- прочности используемого оборудования;
- универсальности для различных теплоносителей;
- степени загрязняемости поверхностей;
- специфическим параметрам эксплуатации.

Выделяются два направления интенсификации. Одно из них связано с увеличением теплового потока без учета дополнительных потерь энергии.

Второе направление связано с увеличением теплового потока при заданной величине энергии, затрачиваемой на перекачку теплоносителя, т. е. с увеличением эффективности теплоотдачи. Оно становится особенно важным для стационарно работающих теплообменных аппаратов большой мощности.

Теплообменные аппараты, в которых используется выбранный метод интенсификации теплообмена, должны быть пригодны для серийного производства, достаточно надежны и эффективны в эксплуатации.

Определив теплоноситель с учетом его теплофизических свойств, можно рассматривать вопрос интенсификации теплообмена за счет выбора надлежащего гидродинамического режима. Наиболее выгодным в отношении теплообмена гидродинамическим режимом является турбулентный или переходной режим в пограничном слое, но естественное развитие турбулентности начинается при весьма высокой скорости потока, а, следовательно, и значительном гидравлическом сопротивлении. Поэтому во многих случаях для интенсификации конвективного теплообмена необходима либо искусственная турбулизация пограничного слоя, позволяющая перенести процесс теплообмена из ламинарной области в турбулентную, либо уменьшение толщины или разрушение пограничного слоя.

Наибольшего прироста теплоотдачи можно достичь с увеличением скорости теплоносителя, особенно в условиях турбулентного течения. С увеличением скорости потока, а, соответственно и числа Re , значительно возрастает коэффициент теплоотдачи по периметру трубы. Вместе с тем для достижения больших скоростей потока теплоносителя приходится затрачивать большие мощности энергии на его прокачку. Поэтому применяются искусственные способы интенсификации теплоотдачи [3].

Методы интенсификации конвективного теплообмена можно разделить на пассивные, активные и сложные.

К пассивным методам относятся: применение оребренных и других развитых поверхностей теплообмена на стороне теплоносителя с низким коэффициентом теплоотдачи, использование разных турбулизирующих планок, завихрителей или шероховатых поверхностей теплообмена, уменьшающих толщину пограничного слоя или разрушающих его. В основе их – воздействие на поток формой поверхности теплообмена: применение вставных интенсификаторов (винтовых, локальных и пластинчатых закручивателей потока), различное оребрение поверхности теплообмена и др.

В активных методах интенсификация теплоотдачи происходит за счет приложения внешней энергии для воздействия на поток. К ним относятся следующие методы: механическое воздействие на поверхность теплообмена (вращение или вибрация поверхности, перемешивание жидкости и т. п.); воздействие на поток электрическим магнитным или акустическим полем, пульсациями давления; вдув или отсос рабочей среды через пористую поверхность и др. [4].

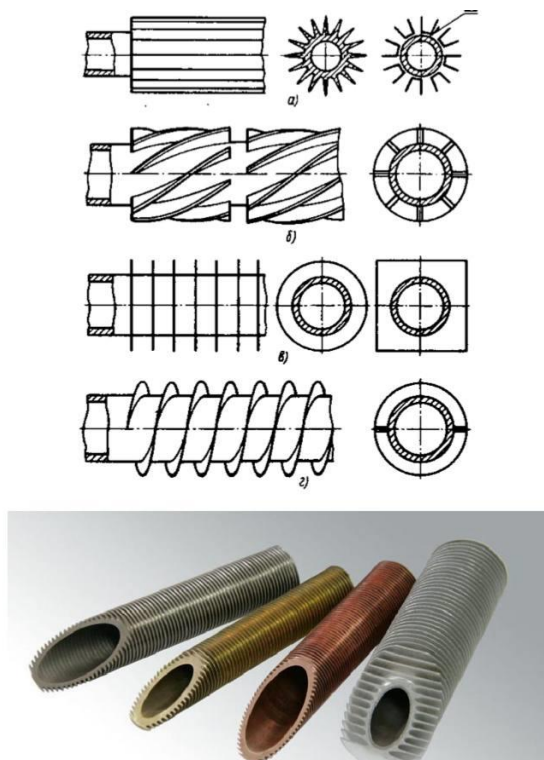


Рисунок 1 - Трубы с оребрением

Сложные методы имеют место при одновременном использовании не менее двух отдельных методов интенсификации конвективного теплообмена, например, в случае применения шероховатых труб со вставками, закручивающими поток, вибрирующих оребренных труб и т. д.

В настоящее время существует широкий спектр методов интенсификации теплообмена в теплообменном оборудовании. Некоторые методы более эффективны при определенных условиях, таких как высокая скорость потока или высокая вязкость жидкости. Поэтому выбор методов интенсификации должен быть основан на конкретных условиях эксплуатации теплообменного оборудования. Интенсификация теплообмена в теплообменном оборудовании играет важную роль в повышении эффективности процесса теплопередачи, а соответственно, и в повышении экономической и экологической эффективности. Выбор наиболее подходящих методов должен быть основан на анализе конкретных условий эксплуатации и требований к процессу теплообмена.

Стоит учитывать, что интенсификация теплоотдачи вызывает рост затрат энергии, необходимой для преодоления возрастающего гидравлического сопротивления. Поэтому перед тем как обращаться к методам повышения теплообмена, стоит задуматься о целесообразности данного проекта, обратившись к показателям энергетической эффективности. Не стоит забывать, что рост интенсивности теплоотдачи должен быть согласован с повышением гидравлических сопротивлений.

Список использованных источников:

1. Интенсификация теплообмена : учеб. пособие / [В. Н. Белозерцев и др.] – Самара : Самарский ун-т, 2018. – 208 с.: ил.
2. Методы интенсификации теплообмена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studbooks.net/>. – Дата доступа: 16.04.2024.

3. Методы интенсификации теплообмена в теплообменном оборудовании: реферат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/>. – Дата доступа: 16.04.2024.
4. Интенсификация процессов теплообмена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moodle.kstu.ru/>. – Дата доступа: 16.04.2024.

Молитвик П. М., Максимович Е. А.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-19. Научный руководитель: Лукаша В. В., к. т. н., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Неспособность отопительных приборов обеспечить качественный обогрев помещений во время зимних холодов – очень распространенная проблема, причем не только в домах старого жилого фонда, но и в новостройках, где установлены новые радиаторы. Эффективность отопительных приборов определяется целым рядом факторов, в т. ч. способом их установки. Очевидно, что использование ограждений в виде подоконника или декоративного экрана оказывает влияние на характер и в некоторых случаях направление движения воздушного потока, омывающего поверхность теплообмена.

Реальные условия эксплуатации отопительного прибора могут значительно отличаться от паспортных условий испытания, поэтому следует ожидать, что в реальных условиях теплоотдача отопительного прибора будет меньше [1].

Реальная теплоотдача отопительного прибора может меняться и за счет технологических отклонений при изготовлении конкретной партии.

В данной работе мы рассмотрим различные способы для повышения эффективности теплоотдачи отопительных приборов.

Поверхность отопительного прибора надо регулярно очищать от загрязнений и пыли, т. к. загрязнения снижают теплоотдачу на 7–10 %.

Еще один действенный и относительно простой способ – избавиться от толстого слоя краски. Зачастую лакокрасочные материалы обновляют, но не счищают предыдущий слой, из-за чего за несколько лет эксплуатации на поверхности батареи таких слоев образуется очень много. Решит этот вопрос можно, сняв старую краску, отшлифовать поверхность до металла и затем снова нанести краску, которая при этом должна быть не просто безопасной, но и иметь высокую теплопроводность, быть влагостойкой, устойчивой к механическим воздействиям.

Имеет значение и цвет батареи. Темные поверхности – черные или коричневые – имеют на 20–25 % лучшую теплоотдачу, чем светлые.

Это самые простые способы повышения теплоотдачи, но существуют и другие – более сложные методы.

Чаще всего причиной уменьшения теплоотдачи радиаторов становится накипь и ржавчина, скапливающаяся внутри или воздушные пробки. В таком случае можно сделать продувку оборудования гидравлическим методом, с помощью промывки химическими растворами или выполнить пневмогидроимпульсную промывку. Эти

способы дают возможность восстановить эффективность работы отопительной системы [2].

Если в помещении горячие батареи, а воздух не прогревается, улучшение циркуляции воздуха – один из самых простых и действенных способов достичь оптимального теплообмена. Замечено, что интенсивное движение воздушных масс позволяет повысить температуру на 5–8° С. Для этого достаточно убрать помехи, которые препятствуют прохождению воздуха. Это могут быть очень широкие подоконники, массивная мебель, которая стоит плотно к батарее, плотные шторы, декоративные экраны или ниши, в которые устанавливают радиаторы. Освобождая пространство, можно получить тот уровень нагрева, который предусматривает мощность отопительного прибора.

Еще один вариант улучшить циркуляцию воздуха – установка вентилятора под углом к радиатору так, чтобы воздушный поток перемещался в сторону помещения. Как показывает практика, использование бытовых вентиляторов может повысить температуру

на 5–7° С. В качестве вентиляторов можно использовать кулеры от компьютеров, которые не используются, можно их установить под радиатором, направив поток воздуха вверх. Это максимально увеличит конвекцию, в результате чего в комнате станет значительно теплее.

Увеличить конвекцию (если радиатор утоплен под подоконником) можно, прорезав в подоконнике отверстия и закрыв их экранами или декоративными крышками. Таким образом, теплый воздух не будет задерживаться в нише, что улучшит циркуляцию.

Для увеличения теплоотдачи также могут использоваться отражающие экраны. Вспененный полиэтилен с фольгированным покрытием с одной стороны прекрасно подходит для этих целей. Такой экран (он должен быть больше самого радиатора) помещается за батареей фольгой в направлении комнаты и фиксируется на стене на двухсторонний скотч или жидкие гвозди. Вспененный полиэтилен обеспечивает дополнительное утепление, а фольга отражает тепло, которое до установки экрана прогревало стену, направляя его в помещение.

Лучше всего, когда такие моменты продумываются ещё на этапе монтажа отопительных приборов. В этом случае за радиатором можно закрепить стальной ребристый щит, который будет накапливать тепло, после чего направлять его в комнату. Такие щиты удобны, если часто происходят отключения отопления.

Помимо фольгированных экранов могут использоваться:

- рифленые щиты из стали (крепятся на этапе установки радиаторов);
- базальтовые плиты с покрытием из алюминия.

Компания «Kermi» разработала инновационную технологию интенсификации работы отопительных приборов. Работа энергосберегающих радиаторов therm-x2 основана на новаторском принципе x2 – последовательной обвязке по теплоносителю. В то время как в традиционных панельных радиаторах все панели нагреваются одновременно, в радиаторах Kermi, работающих по принципу x2, подача горячего теплоносителя осуществляется сначала через переднюю панель.

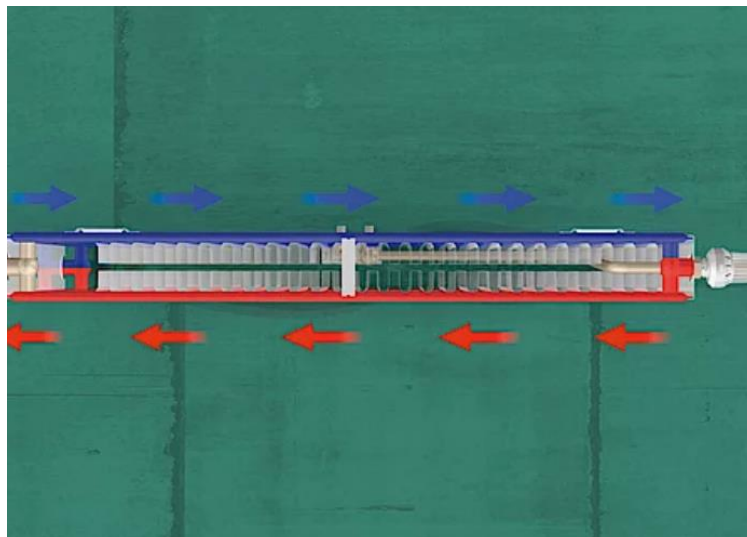


Рисунок 1 – Подача теплоносителя в радиаторах therm-x2

Такой тепловой мощности в режиме регулирования вполне достаточно для обогрева помещения, а задняя панель, подключаемая позднее, функционирует только в качестве экрана теплового излучения. Лишь при увеличении потребности в тепловой энергии подключается задняя панель, которая благодаря своей конвективной мощности обеспечивает быстрый обогрев помещения.

Повышение энергоэффективности и сокращение потерь при распределении и выработке тепла благодаря большей разнице температур между подающим и обратным трубопроводом.

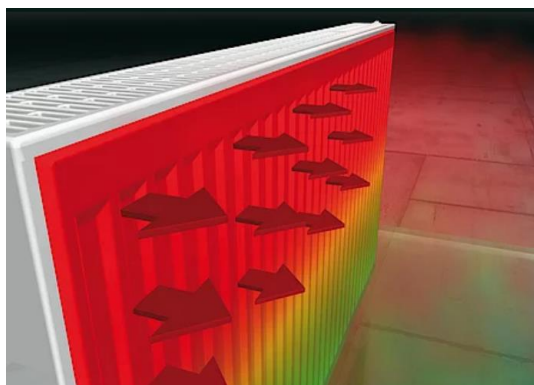


Рисунок 2 – Принцип работы

Высокая степень теплового излучения в помещении обусловлена более высокой средней температурой передней панели [3].

В настоящее время существует широкий спектр методов интенсификации работы отопительных приборов. Некоторые методы более эффективны при определенных условиях. Поэтому выбор методов интенсификации должен быть основан на конкретных условиях эксплуатации. Выбор наиболее подходящих методов должен быть основан на анализе конкретных условий эксплуатации и требований.

Стоит учитывать, что интенсификация теплоотдачи может вызывать рост затрат электроэнергии, например, при установке вентилятора около радиатора. Поэтому перед тем как обращаться к методам повышения теплообмена, стоит задуматься о целесообразности данного проекта, обратившись к показателям энергетической эффективности.

Список использованных источников:

5. Цветков, Н. А. Методы совершенствования методики измерения тепловой мощности отопительных приборов в реальных условиях эксплуатации/ Н. А. Цветков, А. В. Жуков, Ю. О. Кривошеин // – Вестник ТГАУС. – 2013. – № 1 – С. 142–143.
6. Способы увеличения теплоотдачи батареи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vectherm.kz/ru/>. – Дата доступа: 20.04.2024.
7. Панельные радиаторы therm-x2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kermi.com/ru>. – Дата доступа: 20.04.2024.

Мороз М.О.

ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ МАЙНИНГ ФЕРМЫ ИСХОДЯ ИЗ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ.

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Первым этапом для интеграции фермы является анализ тепловых потерь конкретного дома для подбора нужной по мощности фермы. Для расчета тепловых потерь воспользуемся методическими указаниями [1]. Расчёт общих тепловых потерь будет произведен для г. Бреста с ориентацией главного фасада на север.

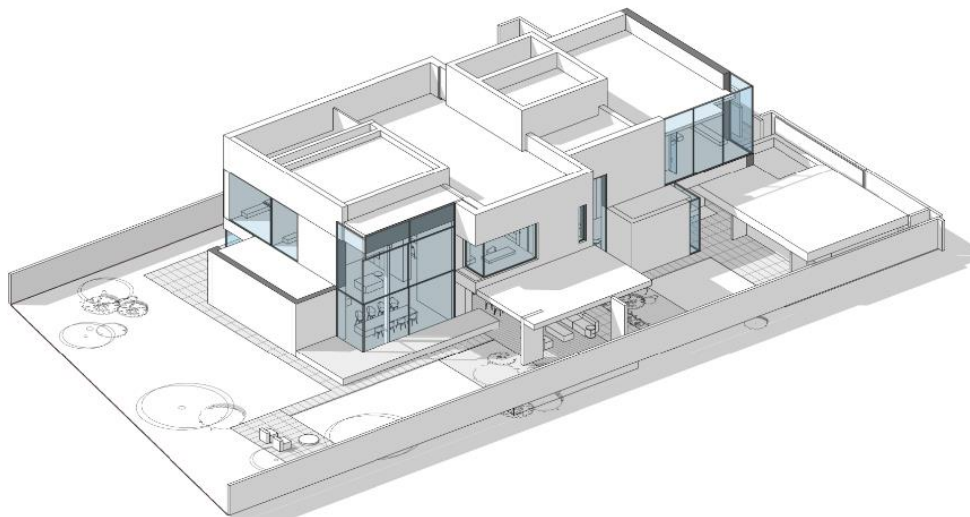


Рисунок 1 – Аксонометрия здания. Вид на северный и восточный фасад.

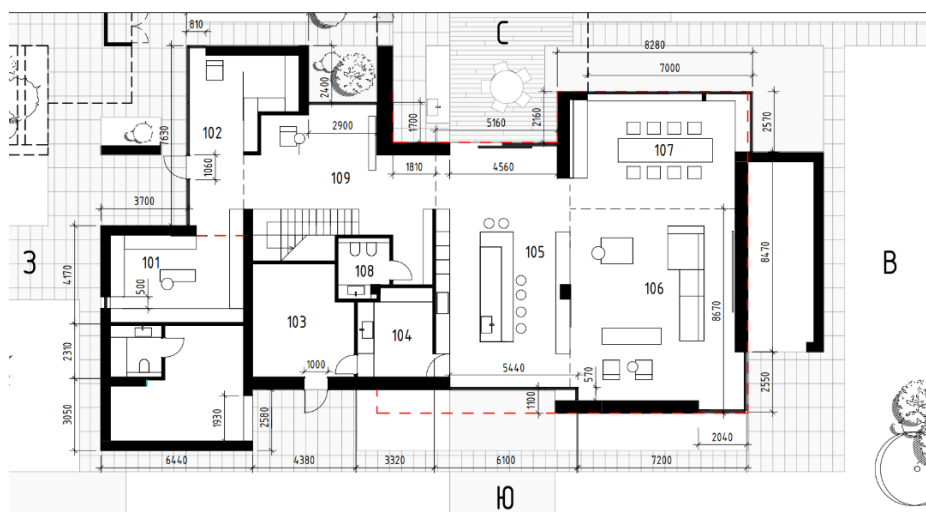


Рисунок 2 – План 1 этажа здания.

После проведения анализа теплопотерь дома произведем подбор наиболее оптимальной майнинг-фермы для использования ее тепловой энергии в системе отопления. Выбор будет основан на ряде факторов, таких как энергопотребление и характеристики оборудования майнинг-фермы, стоимость электроэнергии и ее источники, а также количество TH/s (единица измерения скорости хеширования, используемая для измерения производительности ASIC).

Для оценки теплопотерь здания (частного дома) был использован метод теплотехнического расчета, в котором использовались нормативные характеристики материалов и конструкций здания, а также условия окружающей среды для расчётного города [1,2].

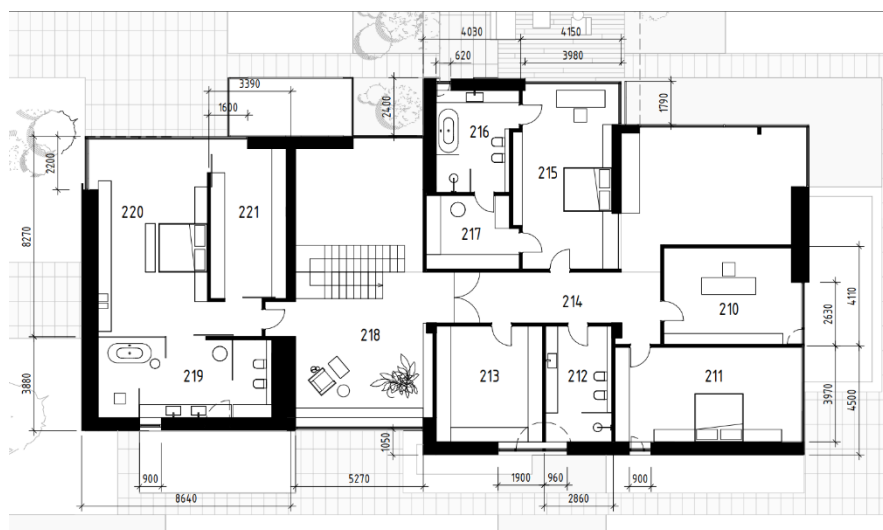


Рисунок 3 – План 2 этажа здания.

Далее были учтены факторы, влияющие на теплопотери, такие как площади поверхностей, граничащие с внешней средой и тепловые потери через окна, двери и другие проемы.

В результате проведенных расчетов было получено значение теплопотерь здания в размере 27500 Вт. Исходя из этих данных подберем оборудование для компенсации этих теплопотерь.

Для расчета количества необходимых ASIC-майнеров для обеспечения заданных условий, мы можем использовать следующий подход:

1. Рассчитаем энергопотребление каждой из моделей ASIC-майнеров, которые мы рассматриваем.

2. Сравним энергопотребление от каждого устройства с теплотерями здания.

Для этого, сначала возьмем среднюю потребляемую мощность каждого ASIC-майнера указанное производителем:

- Для Antminer S19XP: $P_{S19XP} = 3075 \text{ Вт}$ [3].
- Для Antminer S19 PRO: $P_{S19 PRO} = 3250 \text{ Вт}$ [4].

После этого, сравним суммарное мощность майнеров с теплотерями здания и рассчитаем необходимое количество майнеров.

Рассмотрим Antminer S19XP. Тогда:

$$N_{S19XP} = \frac{Q}{P_{S19XP}} = \frac{27500 \text{ Вт}}{3075 \text{ Вт}} \approx 8.94 \quad (1.1)$$

где N_{S19XP} – количество Antminer S19XP, шт.;

Q – теплотери дома, Вт.;

P_{S19XP} – мощность Antminer S19XP.

Нам потребуется 9 майнеров Antminer S19XP для обеспечения теплотерей здания.

Рассмотрим Antminer S19 PRO. Тогда:

$$N_{S19 PRO} = \frac{Q}{P_{S19 PRO}} = \frac{27500 \text{ Вт}}{3250 \text{ Вт}} \approx 8.46$$

где $N_{S19 PRO}$ – количество Antminer S19 PRO, шт.;

Q – теплотери дома, Вт.;

$P_{S19 PRO}$ – мощность Antminer S19 PRO.

Нам потребуется 9 майнеров Antminer S19 PRO для обеспечения теплотерей здания.

После проведения подбора и расчета оборудования для обеспечения отопления дома возникает необходимость определить конфигурации оборудования для эффективного снятия тепла с ASIC устройств. В рамках данного контекста рассматриваются следующие варианты конфигураций: иммерсионные ванны и водоблоки. Каждая из этих конфигураций обладает своими уникальными преимуществами и недостатками, которые требуется учитывать при принятии решения.

Иммерсионные ванны представляют собой емкости, наполненные теплоносителем, в которые погружаются ASIC устройства. Они обеспечивают эффективное охлаждение за счет прямого контакта с теплоносителем, однако требуют значительного объема жидкости и дополнительных мер безопасности.

Главные преимущества иммерсионных ванн:

1. Эффективное охлаждение. Иммерсионные ванны обеспечивают прямой контакт ASIC устройств с теплоносителем, что обеспечивает высокую эффективность охлаждения. Такой метод обладает способностью равномерно распределять тепло по всей поверхности устройств, предотвращая перегрев.

2. Низкий уровень шума. По сравнению с вентиляционными системами или водяными охладителями, иммерсионные ванны обеспечивают более тихую работу, что является важным фактором для применения в вычислительных центрах и жилых зданиях.
3. Меньший риск короткого замыкания. Пыль может накапливать статическое напряжение в результате трения между ее частицами и поверхностями, с которыми она взаимодействует. Этот процесс, известный как трибоэлектрический эффект [5], возникает при механическом контакте и разделении поверхностей различных материалов. В процессе трения электроны переносятся с одного материала на другой, что приводит к накоплению положительного или отрицательного статического заряда на поверхности материала. Когда пыль накапливает статическое напряжение, она может стать электрически заряженной. Этот заряд может привести к разряду электростатического заряда, особенно если в окружающей среде присутствует влага или другие проводящие материалы. В результате возникающего разряда электростатического заряда пыль может вызвать короткое замыкание в электрических цепях, что может привести к повреждению оборудования или возгоранию, особенно если это происходит вблизи электронной или электрической аппаратуры. Поскольку ASIC, полностью погружен в теплоноситель, устройства находятся в изолированной среде, что снижает риск накопления пыли и повреждений от воздействия окружающей среды.
4. Преимущество использования негорючих диэлектрических жидкостей в иммерсионных ваннах заключается в отсутствии необходимости в сложных системах пожаротушения. Этот фактор является значимым, особенно при работе с высокими температурами и электрическим оборудованием, таким как ASIC устройства.

Негорючие диэлектрические жидкости обладают способностью не поддерживать горение при воздействии источника огня или высокой температуры. Это делает их безопасными для применения в окружениях, где высока вероятность возгорания может создать серьезные опасности для оборудования и персонала.

Отсутствие необходимости в сложных системах пожаротушения уменьшает как финансовые затраты на установку и обслуживание этих систем, так и время, необходимое для их поддержания и тестирования. Это также снижает риск отказов и потенциальных простоев в работе оборудования, что способствует повышению пожаробезопасности в работе устройств.

Недостатки иммерсионных ванн:

1. Значительные затраты на приобретение. Иммерсионные ванны требуют значительных инвестиций при покупке оборудования, так как они представляют собой специализированные системы охлаждения, включающие в себя емкости, системы циркуляции и регулирования теплоносителя, а также дополнительное оборудование для безопасной эксплуатации.
2. Необходимость квалифицированной установки. Установка иммерсионных ванн требует профессиональных навыков и опыта, чтобы обеспечить правильное подключение и настройку системы охлаждения. Неправильная установка может привести к утечкам, повреждению оборудования или недостаточной эффективности охлаждения.
3. Ограниченная гарантия для работы ASIC. Использование ASIC устройств в иммерсионных ваннах не всегда обеспечивает гарантию производителя на

нормальную работу. Это связано с потенциальными рисками, такими как неправильный подбор теплоносителя, неверное подключение или повреждение электронных компонентов из-за воздействия теплоносителя. В целом, отсутствие гарантии от производителя увеличивает риск и потенциальные затраты на обслуживание и ремонт оборудования, поэтому следует учитывать этот фактор при выборе и эксплуатации иммерсионных ванн для охлаждения ASIC устройств.

Водоблоки представляют собой специальные системы охлаждения, которые устанавливаются на ASIC устройства. Они обеспечивают более компактное решение по сравнению с иммерсионными ваннами, но также требуют систему циркуляции теплоносителя и дополнительного обслуживания для работы устройств.

Главные преимущества.

1. Высокая эффективность охлаждения. Водоблоки обеспечивают контакт с теплоисточником через алюминиевые пластины, плотно прилегающие к чипам, что позволяет эффективно отводить тепло, уменьшая риск перегрева и улучшая производительность устройства.
2. Низкий уровень шума. По сравнению с вентиляционными системами или водяными охладителями, водоблоки, как и иммерсионные ванны, обеспечивают более тихую работу, что является важным фактором для применения в вычислительных центрах и жилых зданиях.

Недостатки водоблоков:

1. Высокая стоимость. Водоблоки могут быть более дорогими в приобретении по сравнению с воздушными методами охлаждения, что может стать препятствием для их использования для некоторых бюджетов.
2. Риск протечек. Несмотря на то, что вероятность утечек у водоблоков меньше, чем у некоторых других методов охлаждения, существует риск коррозии металлических компонентов из-за контакта с неподготовленной водой.
3. Требуется регулярное обслуживание. Водоблоки требуют регулярного обслуживания, включая очистку от пыли и проверку на утечки, чтобы гарантировать их надежную работу и предотвратить повреждения оборудования.
4. Риск замерзания. Риск замерзания воды возникает в случае, если она выходит в наружный блок системы охлаждения, например, трубопроводы или сухие градирни, подвергаясь низким температурам окружающей среды. Замерзание воды может привести к серьезным проблемам в работе системы охлаждения, таким как повреждение компонентов и остановка работы оборудования.

Выбор оптимальной конфигурации оборудования для снятия тепла с ASIC устройств зависит от конкретных условий эксплуатации, требований к безопасности, бюджета и экологических факторов.

Для дальнейшей оценки и принятия решения относительно конкретной модели ASIC необходимо провести расчет экономической целесообразности, учитывая не только стоимость приобретения оборудования, но и ряд других факторов:

1. Стоимость оборудования. Начальные затраты на покупку майнеров.
2. Энергопотребление. Расход электроэнергии, необходимый для их работы.
3. Скорость хеширования. Количество хешей, которые майнер может вычислить в секунду.
4. Стоимость электроэнергии. Цена за киловатт-час, которая оплачивается за электроэнергию.

В контексте данной работы принято исключить из анализа факторы сложности майнинга и величины вознаграждения за блок, поскольку они являются явлениями, подверженными значительной степени неопределенности и труднопрогнозируемыми в долгосрочной перспективе.

Для выполнения анализа стоимости и оборудования предлагается осуществить расчеты в валюте США (USD) с учетом текущего курса обмена, установленного на уровне 3.261 белорусских рублей (BYN) за один доллар США. Данный подход позволит обеспечить удобство сопоставления и оценки затрат в контексте международных стандартов и рыночных трендов [6].

Таблица 1. Сравнение характеристик майнеров Antminer S19XP и Antminer S19 PRO.

Параметр	Antminer S19XP	Antminer S19 PRO
Стоимость (\$) [7]	2 200	1200
Энергопотребление (кВт·ч)	3,075	3,250
Скорость хеширования (TH/s)	141	110
Стоимость электроэнергии (\$/кВт·ч)	0.0778	
Расходы на эл.энергию в день (\$) [8]	5,742	6,068

* – Исключая из расчетов издержки на техническое обслуживание и восстановительные работы, принимая фиксированный уровень сложности добычи, а также не учитывая комиссию пула, предстоящие халвинги, возможность увеличения производительности с помощью эффективного теплосъемного оборудования.

Примем данные для расчета из таблицы 1. Теперь проведем расчет:

1. Расходы на электроэнергию в день Antminer S19XP:

$$E_{S19XP} = W_{S19XP} * C_э * T_{сут} = 3,075 \text{ кВт} \cdot \text{ч} * 0,0778 \frac{\$}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} * 24 \text{ ч} \approx 5,742 \$$$

где W_{S19XP} – энергопотребление Antminer S19XP, кВт·ч;

$C_э$ – стоимость электроэнергии, \$/кВт·ч;

$T_{сут}$ – количество часов в сутках.

Расходы на электроэнергию в день Antminer S19 PRO:

$$E_{S19PRO} = W_{S19PRO} * C_э * T_{сут} = 3,250 \text{ кВт} \cdot \text{ч} * 0,0778 \frac{\$}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} * 24 \text{ ч} \approx 6,068 \$$$

где W_{S19PRO} – энергопотребление Antminer S19 PRO, кВт·ч;

$C_э$ – стоимость электроэнергии, \$/кВт·ч;

$T_{сут}$ – количество часов в сутках.

2. Чистая дневная доходность была оценена с использованием специализированного калькулятора доходности, доступного на ресурсе <https://ibmm.ru/> [9]. Полученные результаты были извлечены и систематизированы в таблице 1 в соответствии с проведенным исследованием.

3. Расчет окупаемости для Antminer S19XP:

$$ROI_{S19XP} = \frac{C_{S19XP}}{NDP_{S19XP}} = \frac{1200 \$}{4,9 \frac{\$}{\text{день}}} \approx 244,8 \text{ дня}$$

где ROI_{S19XP} – (Return on Investment) экономическая окупаемость в период, дни;

C_{S19XP} – стоимость устройства, \$;

NDP_{S19XP} – (Net Daily Profit) чистая дневная доходность, \$/день.

Расчет окупаемости для Antminer S19 PRO:

$$ROI_{S19 PRO} = \frac{C_{S19 PRO}}{NDP_{S19 PRO}} = \frac{2200 \$}{8,32 \frac{\$}{\text{день}}} \approx 264,4 \text{ дня}$$

где $ROI_{S19 PRO}$ – (Return on Investment) экономическая окупаемость в период, дни;

$C_{S19 PRO}$ – стоимость устройства, \$;

$NDP_{S19 PRO}$ – (Net Daily Profit) чистая дневная доходность, \$/день.

При проведенных расчетах не рассматривались возможности повышения эффективности путем применения передового оборудования для отвода тепла, такого как иммерсионные ванны или водоблоки. Это обусловлено сложностью объективной оценки прироста производительности для различных устройств. Однако в среднем использование иммерсионных ванн или водоблоков может привести к повышению производительности до 40% [10, 11]. В связи с этим, принимается, что параметры ASIC устройств, работающих в иммерсионных ваннах или с применением водоблоков будут работать с одинаковой производительностью при использовании того или иного оборудования для отвода тепла.

Проведенные расчеты позволяют сравнить экономическую окупаемость двух моделей майнеров Antminer S19XP и S19 PRO. Полученные значения окупаемости в период, составляющие соответственно приблизительно 244,8 дней для S19XP и 264,4 дня для S19 PRO, позволяют оценить период времени, необходимый для возврата затраченных инвестиций при текущей дневной доходности.

Результаты показывают, что Antminer S19XP имеет более короткий период окупаемости (244,8 дня), чем S19 PRO (264,4 дня). Это указывает на то, что S19XP может быть более выгодным выбором с финансовой точки зрения, поскольку владелец сможет быстрее вернуть инвестиции при меньших изначальных вложениях.

Список использованных источников:

1. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Отопление и вентиляция жилого дома» для студентов специальности 1-70 04 02 – Брест: БрГТУ, 2019.
2. СН 4.02.03-2019. Утвержден и введен в действие постановлением Министерства архитектуры и строительства от 16 декабря 2019 г. № 69 – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2019. – 48 с.
3. S19 XP Manual. Document Version 1.0. Sept. 2022. BITMAIN Technologies Holding Company, 2022. – 7 с.
4. S19 Pro Server Installation Guide. Document Version 1.0. Apr. 2020 BITMAIN Technologies Holding Company, 2020. – 7 с.
5. Трибоэлектрический эффект. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82 – Дата обращения: 09.04.2024.
6. Что такое халвинг биткойна. Самое важное. РБК Крипто. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/crypto/news/65ccd2479a79478a839b7891> – Дата обращения: 11.04.2024.

7. Курс доллара в банках Бреста на 13.04.2024. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://myfin.by/currency/usd/brest?conv_best_buy_byn=3.261 – Дата обращения: 13.04.2024.
8. Интернет-магазин Promminer. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://promminer.ru/product/bitmain/asic-bitmain-antminer-s19-pro-110th-s/> – Дата обращения: 11.04.2024.
9. Приложение 2 к постановлению Совета Министров Республики Беларусь 30.12.2013 № 1166 в действующей редакции. Тарифы на электрическую энергию. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.brestenergo.by/%D0%A2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%84%D1%8B%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F> – Дата обращения: 13.04.2024.
10. Доходность ANTMINER S19 XP. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ibmm.ru/miner/?calc_id=268&name=antminer%20s19%20xp – Дата обращения: 13.04.2024.
11. Аsic майнер Bitmain Antminer S19 XP Hydro 257 TH/s. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://promminer.ru/product/bitmain/asic-bitmain-antminer-s19-xp-hyd-257th-s/#char> – Дата обращения: 14.04.2024.
12. Изготовление ванн для иммерсионного охлаждения. Иммерсионное охлаждение однофазного типа. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://plast.ru/creations/izgotovlenie-vann-dlya-immersionnogo-okhlazhdeniya/> – Дата обращения: 14.04.2024.

Мороз М. О., Терещук М. Н.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Ключева Е. В., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Сельскохозяйственные сооружения, такие, как скотные фермы, птицефабрики и силосные ячейки требуют эффективной системы вентиляции для поддержания оптимальных условий внутри помещений. В данной работе рассматриваются особенности, нормы и нюансы проектирования систем вентиляции для сельскохозяйственных сооружений с целью обеспечения комфортных условий для животных и оптимизации производственных процессов.

При проектировании систем вентиляции сельскохозяйственных сооружений необходимо учитывать ряд особенностей. Например, высокая влажность внутри этих сооружений, которая может значительно превышать уровень влажности в обычных зданиях. Это обуславливает необходимость использования вентиляционных систем с высокой эффективностью в удалении влаги.

Кроме того, сельскохозяйственные сооружения часто характеризуются выделением вредных газов, таких как аммиак и углекислый газ. Присутствие этих газов в воздухе может негативно сказываться на здоровье животных и работников. Поэтому

системы вентиляции должны обеспечивать эффективное удаление этих вредных веществ из помещений, чтобы создать безопасную и здоровую атмосферу.

Еще одним важным аспектом является необходимость учета нагрузки на систему вентиляции. В зависимости от типа сельскохозяйственного сооружения, такого, как фермы или птицефабрики, может потребоваться высокая производственная мощность системы вентиляции. Большие объемы воздуха должны поступать и выводиться из сооружений, чтобы обеспечить оптимальные условия для животных и обеспечить эффективность производственных процессов.

При проектировании систем вентиляции для сельскохозяйственных сооружений необходимо соблюдать соответствующие нормы и регулирования, устанавливающие требования к вентиляции, воздухообмену и качеству воздуха. Некоторые из них включают:

- государственные стандарты и нормы строительства, устанавливающие требования к вентиляционным системам для сельскохозяйственных сооружений в зависимости от их типа и назначения;

- санитарные нормы, регулирующие качество воздуха в помещениях сельскохозяйственных сооружений, чтобы обеспечить здоровье животных и работников;

- с учетом растущей важности энергоэффективности в сельском хозяйстве проектирование систем вентиляции должно также соответствовать энергетическим стандартам и требованиям.

Помимо соблюдения норм и регулирований, при проектировании систем вентиляции для сельскохозяйственных сооружений следует учитывать следующие особенности:

Выбор типа вентиляции – в зависимости от конкретных условий сельскохозяйственного сооружения (размер, назначение, климатические условия и т. д.) может потребоваться выбор различных типов вентиляции, таких, как естественная, принудительная или смешанная.

Распределение воздуха — эффективное распределение воздуха внутри сооружения имеет ключевое значение для обеспечения однородных условий во всех зонах, где содержатся животные.

Системы очистки воздуха — в некоторых случаях может потребоваться установка систем очистки воздуха для удаления вредных частиц, бактерий или запахов из воздуха, например, при содержании птиц в замкнутых помещениях.

Существует несколько типов вентиляции для сельскохозяйственных сооружений, каждый из которых имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретных условий и требований. Среди них можно выделить следующие:

1. Вентиляция через воздуховоды.
2. Тоннельная вентиляция.
3. Комбинированная вентиляция.
4. Рассеянная вентиляция.
5. «Коридорная» вентиляция.
6. Вентиляция с применением воздуховодов равномерной подачи.
7. Принудительная вентиляция.

Одним из распространенных типов является *вентиляция через воздуховоды*. Эта система применяется для стандартных объектов, особенно в помещениях, которые требуют реконструкции. Она включает в себя воздухозаборные клапаны, смонтированные в стене, и сеть вытяжных воздуховодов, оканчивающихся крышным вытяжным вентилятором (рисунок 1). Это самая дешевая система, что делает ее привлекательной для использования в различных сельскохозяйственных сооружениях [1, 2].



Рисунок 1 – Принцип действия вентиляции через воздуховоды

В условиях повышенной атмосферной температуры особенно эффективна *тоннельная вентиляция*. Воздух поступает в помещение со стороны стоек и выводится через выходы при помощи вентиляторов (рисунок 2) [3]. В летний период возможно применение системы кондиционирования воздуха, что дополнительно повышает комфортность условий для содержания животных и обеспечивает оптимальные параметры микроклимата. При этом относительную влажность воздуха в помещениях в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки от минус 21° С до минус 25° С следует принимать 80 %, от минус 25° С и ниже – 75 % [4].

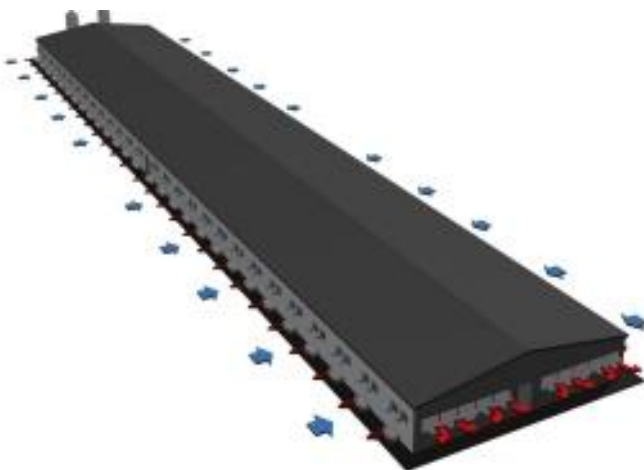


Рисунок 2 – Принцип действия вентиляции тоннельного типа

Система *комбинированной вентиляции* объединяет различные методы вентиляции в зависимости от требований к микроклимату и условий окружающей среды. Это позволяет обеспечивать оптимальные условия в различных сезонах и снижать затраты на энергопотребление.

Рассеянная вентиляция предполагает поступление воздуха через пористую поверхность крыши, что идеально подходит для содержания животных при низких температурах окружающей среды. При высоких температурах может применяться

дополнительное кондиционирование воздуха, что обеспечивает стабильные условия для животных в течение всего года [2].

«Коридорная» вентиляция предполагает подвод воздуха из коридора в многочисленные дренажные клапаны или в воздуховоды (рисунок 3). Это обеспечивает циркуляцию уже подогретого или охлажденного воздуха и позволяет регулировать его параметры, что делает эту систему эффективной и удобной в эксплуатации.

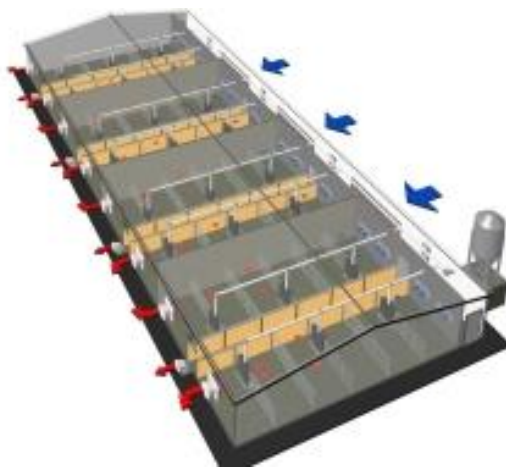


Рисунок 3 – Принцип действия вентиляции тоннельного «Коридорного» типа

Принудительная вентиляция используется в случаях, когда другие системы неэффективны. Вентиляторы забирают воздух из определенного места и направляют его в нужном направлении, что особенно актуально при эксплуатации при средней температуре и с системой воздушного охлаждения. Это позволяет поддерживать стабильные условия в помещениях, что является важным фактором для здоровья и производственной эффективности животных.

Анализ различных типов вентиляции в сельскохозяйственных сооружениях позволяет сделать несколько важных выводов. Во-первых, выбор конкретного типа вентиляции зависит от множества факторов, включая размер и конфигурацию сооружения, климатические условия, вид содержания животных и требования к микроклимату.

Вентиляция через воздуховоды является наиболее распространенным и дешевым вариантом, который подходит для стандартных объектов. Тоннельная вентиляция эффективна в условиях повышенной температуры и позволяет обеспечить оптимальные условия для животных. Комбинированная вентиляция представляет собой гибкий подход, позволяющий сочетать различные системы для достижения оптимального микроклимата.

Рассеянная вентиляция и «коридорная» вентиляция обеспечивают равномерное распределение воздуха внутри помещений, что особенно важно для комфортных условий содержания животных. Вентиляция с применением воздуховодов равномерной подачи эффективна для больших площадей и обеспечивает возможность регулирования параметров воздуха.

Наконец, принудительная вентиляция является необходимым вариантом в случаях, когда другие системы оказываются неэффективными. Она позволяет поддерживать стабильные условия в помещениях независимо от внешних факторов.

Таким образом, выбор оптимального типа вентиляции в сельскохозяйственных сооружениях зависит от комплексного анализа требований к микроклимату и

особенностей конкретного объекта, что позволяет обеспечить комфортные условия для животных и эффективность производственных процессов.

Список использованных источников:

1. Кувшинов, Ю. Я. Методологические основы проектирования систем обеспечения параметров микроклимата производственных сельскохозяйственных зданий [Электронный ресурс]. / Ю. Я. Кувшинов, М. В. Бодров. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-osnovy-proektirovaniya-sistem-obespecheniya-parametrov-mikroklimate-proizvodstvennyh-selskohozyaystvennyh-1>. – Дата доступа: 06.04.2024.
2. Особенности проектирования систем вентиляции сельскохозяйственных сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://7-vz.com/category/proektirovanie_ventilyatsii_v_zdaniyakh_selskokhozyaystvennogo_na_znacheniya/. – Дата доступа: 06.04.2024.
3. Воздуховоды в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prihoda.ru/articles/vozdukhovody-v-selskom-khozyaystve/>. – Дата доступа: 06.04.2024.
4. Сельскохозяйственные здания : СН 3.02.09-2020 / переизд. с изм. № 1. – Введ. 24.10.2023. – Минск : УП «Минскпроект», 2023. – 30 с.

Орsik Е. О.

ТИПЫ НАСТЕННЫХ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ В ПОКВАРТИРНОЙ СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, студентка строительного факультета, специальности промышленное и гражданское строительство, группы П-358. Научный руководитель: Ключева Е. В., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

В настоящее время для отопления индивидуальных жилых домов и при поквартирном теплоснабжении многоквартирных домов используются системы с двухконтурными газовыми котлами как один из самых доступных вариантов. При поквартирном теплоснабжении в каждой квартире устанавливается настенный газовый двухконтурный котел, обеспечивающий и отопление, и горячее водоснабжение (ГВС). В жилых домах с индивидуальным квартирным теплоснабжением и горячим водоснабжением при размещении газового оборудования в каждой квартире следует предусматривать отопительное газовое оборудование с закрытыми (герметичными) камерами сгорания [1].

Газовые настенные модели компактны: их высота составляет 55–90 см, а ширина – 40–45 см (рисунок 1). Несмотря на энергозависимость, они достаточно эффективны, компактны и надежны на практике. Кроме того, настенные котлы в заводской комплектации оснащены всеми необходимыми компонентами системы отопления, включая циркуляционный насос, группу безопасности, полный набор датчиков и, в некоторых случаях, расширительный бак.



Рисунок 1 – Настенный газовый котел

Настенные установки более просты (рисунок 2), так как не требуют традиционного дымохода. Для отвода продуктов сгорания газа устанавливается коаксиальная труба, которая просто проникает в стену. Труба состоит из двух частей. Внутренняя часть служит для отвода продуктов сгорания. Воздух поступает в котел из внешней части. Для этого используется вентилятор, поэтому такие котлы называют турбированными.

Двухконтурные котлы характеризуются тем, что кроме основного — первичного — контура теплоносителя, в них присутствует второй контур — контур подготовки горячей воды в ГВС, где вода нагревается в проточном теплообменнике. По типу проточного теплообменника, используемого для нагрева воды в системе горячего водоснабжения, двухконтурные котлы бывают с битермическим или пластинчатым теплообменником [2].

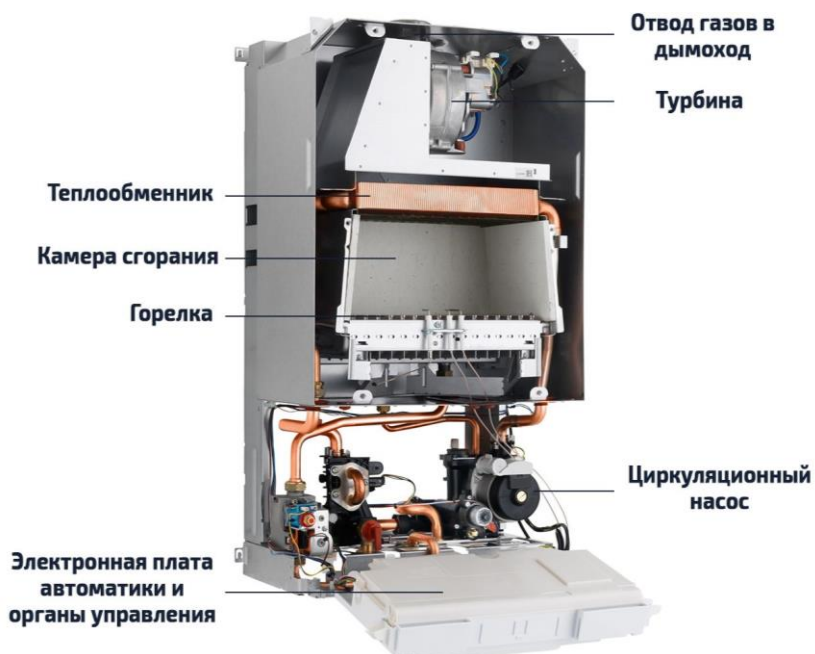


Рисунок 2 – Основные элементы настенного газового котла [3]

Принцип работы двухконтурных котлов с приоритетом горячего водоснабжения (ГВС) представлен на рисунке 3. Одноконтурные модели работают только в режиме отопления. Котлы, которые могут также нагревать воду, называются двухконтурными [3].

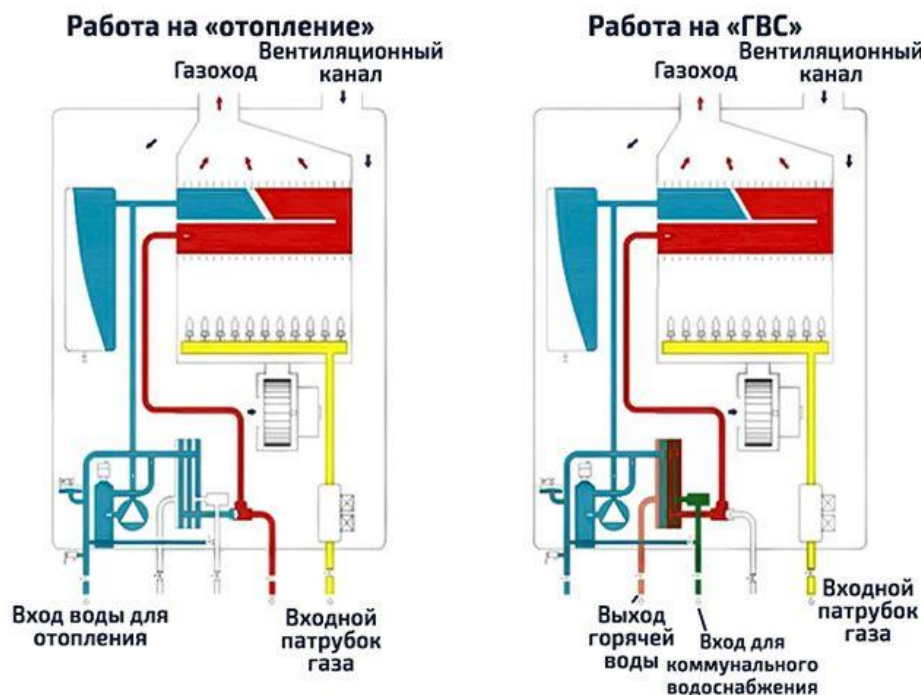


Рисунок 3 – Схема работы двухконтурного котла

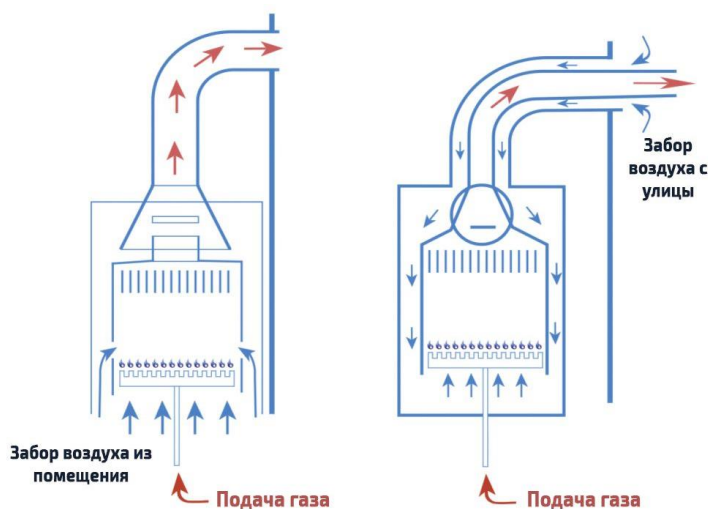
Контур горячего водоснабжения могут быть устроены двумя способами:

- Двухконтурный теплообменник (битермический) – состоит из двух частей типа «труба в трубе». Через внешнюю часть проходит отопительный контур, а через внутреннюю – горячая вода. Такая конструкция экономит место и ресурсы в корпусе, но на битермических теплообменниках образуется больше накипи, они легко засоряются, а с точки зрения конструкции их нельзя механически очистить.

- Раздельные (монотермические) теплообменники – используется вторичный теплообменник, который нагревается за счет контакта с первичным теплообменником. Когда требуется горячая вода, котел пропускает охлаждающую воду контура отопления через малый круг внутри корпуса (или только часть охлаждающей воды контура отопления, если котел оснащен трехходовым клапаном, который позволяет не останавливать нагрев контура отопления). Лучше выбрать котел с раздельными теплообменниками, так как диаметр потока в них шире, что облегчает их очистку в случае образования большого налета.

Основной или первичный теплообменник состоит из трубки с прикрепленной к ней пластиной. Вода проходит через трубки, а пластины увеличивают площадь контакта с огнем. Материал, из которого изготовлен теплообменник, в основном определяет его долговечность. Наиболее распространенными типами навесных котлов являются: стальные теплообменники (средний срок службы 12–15 лет); медные теплообменники (средний срок службы – 14–17 лет); алюминиевые теплообменники (менее распространены, но используются в более дорогих моделях). Вторичные теплообменники используются для подготовки воды в ГВС. Поскольку нет прямого контакта с огнем, такие теплообменники служат дольше и вызывают меньше проблем [3].

Горелки прямого нагрева нагревают теплообменник, через который протекает вода. Однако без воздуха огонь не может разгореться, и продукты сгорания необходимо удалять. Для этого используются два типа камер сгорания: открытые и закрытые (рисунок 4).



а) с открытой камерой сгорания рисунка;
б) с закрытой камерой сгорания рисунка

Рисунок 4 – Схемы газовых котлов

Открытые камеры сгорания и естественная тяга – в таких камерах сгорания есть отверстия, через которые воздух поступает в котел из помещения. Продукты сгорания естественным путем уходят в дымоход. Преимуществом является то, что котел менее шумный (нет вентилятора) и более дешевый. Также отсутствует коаксиальный дымоход. Однако недостатки более существенны: КПД конструкций с открытой камерой сгорания на 2–5 % ниже; дымоход занимает много места и постоянно протекает; требования к помещению гораздо выше; открытые камеры сгорания быстрее загрязняются (чистить не реже, чем раз в три сезона).

Закрытые камеры сгорания и принудительная тяга – особенностью является их герметичность и наличие вентилятора, который включается, когда начинает работать горелка. Отходы сгорания выводятся через коаксиальную трубу. Через эту трубу в котел поступает воздух с улицы. Поскольку камера герметична, воздух не проходит по другим путям. Турбокотлы более эффективны, так как количество воздуха, подаваемого на горение, можно регулировать. К недостаткам можно отнести: высокие обороты турбины создают шум; стоят дороже; потребляют на десятки ватт больше энергии [4].

При включении котла открывается клапан, через который газ поступает в горелку. Горелка равномерно распределяет пламя, чтобы максимально эффективно нагреть теплообменник. Существует три типа горелок с различными способами регулирования интенсивности пламени:

- одноступенчатая. Когда температура достигает верхнего предела, клапан перекрывает газ и горелка выключается. Когда температура падает до нижнего предела, газовый клапан открывается, и горелка начинает работать на полную мощность. Это самый дешевый, но наименее эффективный механизм;
- двухступенчатая система. Сначала горелка работает на 100 % мощности. Когда температура достигает определенного значения, мощность снижается до 40 %. Это

происходит благодаря клапанам, которые лишь перекрывают, а не полностью закрывают подачу газа;

– модулирующая – работает в широком диапазоне мощностей от 10 до 100 %. Процесс автоматизирован, что позволяет котлу работать наиболее эффективно: расходуется меньше газа и продлевается срок службы теплообменника.

Преимущества использования настенных газовых котлов:

1. Более высокая эффективность – несмотря на компактные размеры, технологии, используемые сплавы и более продвинутая автоматика позволяют достигнуть в среднем на 3–5 % более высокой эффективности в сравнении с напольными аналогами.

2. Небольшие габариты – даже мощные модели теплопроизводительностью свыше 40 кВт имеют небольшие размеры и весят до 100 кг.

3. Свободное размещение — поскольку модели с закрытой камерой сгорания забирают воздух с улицы, требований к помещению для их установки значительно меньше. Такие котлы допускается устанавливать в соседстве с мебелью и техникой, в т. ч. с плитами.

4. Простота монтажа – все необходимые элементы системы отопления уже находятся в корпусе котла, что максимально упрощает обвязку. Модели с закрытой камерой сгорания и коаксиальным дымоходом нуждаются лишь в небольшом отверстии в стене, необходимости в традиционном, более трудозатратном дымоходе нет.

5. Безопасность – все навесные котлоагрегаты в различной степени оснащены элементами автоматического контроля и защиты.

6. Система автоматики должна обеспечивать работу отопительного газового оборудования в автоматизированном режиме [1, п. 9.3.6].

Недостатки в конструкции и при эксплуатации настенных газовых котлов:

1. Недолговечность – в связи с ограничениями в весе, в настенные модели не устанавливаются тяжелые и долговечные чугунные теплообменники.

2. Энергозависимость – в конструкции котла используются электронные платы управления, вентиляторы турбины, сервоприводы и прочие механизмы, требующие для работы подключения к электросети.

3. Более требовательны к качеству воды – это связано это со сроком службы теплообменника.

4. Более требовательны к обслуживанию – настенные котлы нуждаются в регулярной очистке и обслуживании, чтобы продлить срок службы и предотвратить поломки.

Принцип работы конвекционного котла (рисунок 5): вода проходит через теплообменник и нагревается от прямой газовой горелки. Однако часть тепла уходит в дымоход и, чтобы использовать это тепло по назначению, были изобретены конденсационные котлы. Такой котел имеет дополнительный теплообменник, который собирает конденсат и извлекает из него дальнейшую тепловую энергию. Их оборудование сложнее, чем у конвекционных котлов. Конденсационные котлы, с другой стороны, гораздо дороже. Это связано с тем, что дополнительный теплообменник требует дорогостоящих конденсатостойких материалов, а радиаторы для него – большого запаса мощности. В конечном итоге, для достижения максимальной эффективности конденсационные котлы следует использовать в низкотемпературных системах отопления в пределах 50 °С. При этом КПД такого котла выше, чем у обычного, что дает экономию газа на 5-10 % в сезон [5].

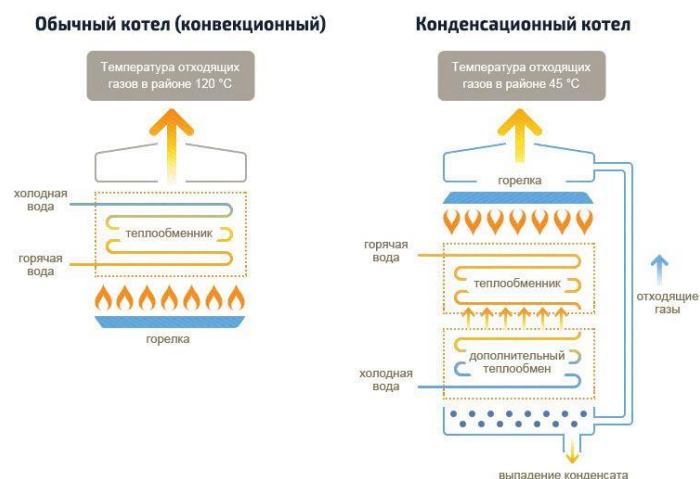


Рисунок 5 – Схемы конвекционного и конденсационного газовых котлов

Настенные газовые котлы – это экономичное, удобное и практичное оборудование для отопления. Они способны не только обогреть помещение, но и давать горячую воду.

Список использованных источников

1. Газораспределение и газопотребление : СН 4.03.01-2019. – Введ. 26.12.19. – Минск : Минстройархитектуры, – 2020. – 107 с.
2. Ключева, Е. В. Изучение целесообразности применения отопительных приборов из различных материалов в системе водяного отопления с двухконтурными газовыми котлами / Е. В. Ключева // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : Материалы научного семинара / Брест, БрГТУ, 20 марта 2015 г. / под ред. В. С. Северянина, В. Г. Новосельцева. – Брест : РУПЭ «Брестэнерго», 2015. – С. 79–82.
3. Что собой представляют настенные газовые котлы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://gradusplus.com/kotly/gazovye/nastennye/>. – Дата доступа: 06.12.2023.
4. Установка газового котла в квартире – требования и правила для многоквартирного дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teplospec.com/gazovoe-otoplenie/ustanovka-gazovogo-kotla-v-kvartire-trebovaniya-i-pravila-dlya-mnogokvartirnogo-doma.html/>. – Дата доступа: 06.12.2023.
5. Конденсационные газовые котлы: принцип работы, плюсы и минусы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://progreem.by/blog/stati/kondensatsionnye-gazovye-kotly-printsip-raboty-plusi-i-minusi/>. – Дата доступа: 18.12.2023.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ УСТАНОВКИ БАЙПАСА У ПОЛОТЕНЦЕСУШИТЕЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ГВС

Брестский государственный технический университет, студентка факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-19. Научный руководитель: Новосельцев В Г., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, к. т. н, доцент.

Горячее водоснабжение – обеспечение бытовых нужд населения и производственных потребностей в воде с повышенной температурой.

Системы ГВС бывают тупиковые и циркуляционные. Наличие в системе циркуляции гарантирует пользователю достаточно быстрое получение воды соответствующей температуры из водоразборной точки, исключая слив недостаточно горячей воды в канализацию. Местные системы можно выполнять для систем ГВС малой протяженности, например, в небольших индивидуальных или многоквартирных домах.

Существуют системы ГВС с нижней и верхней разводкой магистральных трубопроводов. Наиболее удобной в эксплуатации является система с нижней разводкой. В данных системах ГВС полотенцесушители могут располагаться на водоразборных, так и на циркуляционных стояках.

Присоединение полотенцесушителей к стоякам бывает различным. Возможно непосредственное подключение или с байпасом. В нашей работе мы решили сравнить традиционную циркуляционную систему ГВС (с полотенцесушителями на циркуляционном стояке) с системой ГВС с байпасом (замыкающим участком на полотенцесушителях).

Рассмотрим шестиэтажное здание. Узел расположения полотенцесушителя на стояке представлен на рисунке 1.

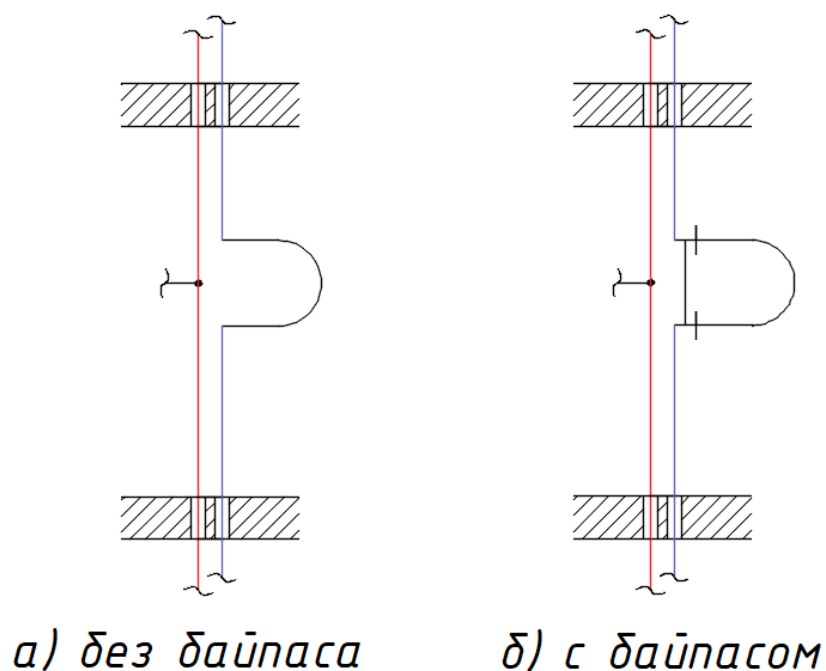


Рисунок 3 – Аксонометрические схемы стояков

Были произведены 2 расчета для каждой из систем: потерь теплоты и тепловой.

Полотенцесушитель должен обеспечивать в помещении температуру 21° С. Для последующего подбора полотенцесушителей выполним расчет тепловых потерь. Найдем основные и добавочные потери теплоты по формуле

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

где F – расчетная площадь ограждения, м²;

R – сопротивление теплопередаче ограждения, (м² · °С)/Вт;

t_в – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

t_н – расчетная температура наружного воздуха, °С;

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

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

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет теплотерь системы ГВС на примере одного стояка

№ помещения	Назначение помещения, тв °С, Гп, м²	Данные по ограждающей конструкции					Коэффициент теплопередачи 1/Rг, Вт/(м²·°С)	Разность температур (в- н), °С	Поправочный коэффициент n	Добавочные теплопотери β			Основные и добавочные потери теплоты Q, Вт	Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха Qинф	Бытовые тепловыделения Qбыт*(1-η), Вт	Общие потери теплоты помещения Qо, Вт
		Наименование ограждения	Ориентация по сторонам света	Расчетные размеры, м	Площадь F, м²	На ориентацию				другие	Суммарный коэффициент (1+β)					
102	Ванная 21°С	ст	в	3,35	2	6,7	0,3	46	1	0,1	0	1,1	103	0	0	191
		пл	-	3,2	2	6,4	0,4	46	0,75	0	0	1	88			
		191														
202-502	Ванная 21°С	ст	в	2,9	2	5,8	0,3	46	1	0,1	0	1,1	88	0	0	88
		88														
602	Ванная 21	ст	в	3,15	2	6,3	0,3	46	1	0,1	0	1,1	97	0	0	185
		пт	-	3,2	2	6,4	0,2	46	1	0	0	1	88			
		185														

Выполним тепловой расчет для двух систем используя формулы, которые приведены ниже.

Расход воды на стояке:

$$G_{ст} = \frac{0,86 \cdot Q_{ст}}{t_n - t_0}, \quad (2)$$

где Q_{ст} – тепловая нагрузка стояка (сумма нагрузок всех полотенцесушителей на стояке), Вт;

t_г – температура теплоносителя в подающем теплопроводе, °С;

t_о – температура теплоносителя в обратном теплопроводе, °С.

Температура воды, поступающей в нагревательный прибор:

$$t_{вх} = t_n - \frac{\Sigma Q_{нpi}}{Q_{ст}} \cdot (t_n - t_0), ^\circ\text{C} \quad (3)$$

где ΣQ_{нpi} – суммарная тепловая нагрузка всех полотенцесушителей стояка, расположенных выше рассматриваемого прибора при подаче воды по схеме "сверху-вниз", а по схеме "снизу-вверх" – ниже рассматриваемого прибора, считая по направлению движения воды, Вт.

Средняя температура воды в полотенцесушителе:

$$t_{cp}^{np} = t_{ex} - \frac{0,43 \cdot Q_{mp}}{\alpha \cdot G_{cm}}, ^\circ C, \quad (4)$$

где Q_{mp} – тепловая нагрузка прибора, Вт;
 α – коэффициент затекания воды в прибор.

Температурный напор:

$$\Delta t_{cp} = t_{cp}^{np} - t_e, ^\circ C. \quad (5)$$

Коэффициент приведения номинального теплового потока отопительного прибора к расчетным условиям:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p, \quad (6)$$

где n и p – эмпирические показатели;

Δt_n – номинальный температурный напор, равный $70^\circ C$.

Номинальный требуемый тепловой поток:

$$Q_{nt} = \frac{Q_1}{\varphi}, Вт, \quad (7)$$

где Q_1 – расчетный требуемый тепловой поток полотенцесушителя, Вт.

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Тепловой расчет системы ГВС

№ помещения	Температура воздуха в помещении t_v , $^\circ C$	Тепловая нагрузка на прибор $Q_{пр}$, Вт	Суммарная тепловая нагрузка приборов, расположенных выше или ниже рассматриваемого $\sum Q_{пр}$, Вт	Температура входящей воды в прибор $t_{вх}$, $^\circ C$	Коэффициент затекания воды α	Средняя температура воды в приборе t_{cp} , $^\circ C$	Температурный напор Δt_{cp} , $^\circ C$	Коэффициент приведения φ	Теплоотдача открыто расположенных труб $Q_{тр}$, Вт	Расчетный требуемый тепловой поток Q_1 , Вт	Номинальный требуемый тепловой поток Q_n , Вт
602	21	185	0	50	1	49	28	0,31	0	185	599
502	21	89	185	49	1	48	27	0,3	0	89	301
402	21	89	274	48	1	48	27	0,29	0	89	310
302	21	89	363	48	1	47	26	0,28	0	89	319
202	21	89	452	47	1	47	26	0,27	0	89	329
102	21	191	541	46	1	46	25	0,26	0	191	742
	Σ	732									
602	21	185	0	50	0,5	49	28	0,3	0	185	616
502	21	89	185	49	0,5	48	27	0,29	0	89	305
402	21	89	274	48	0,5	48	27	0,28	0	89	314
302	21	89	363	48	0,5	47	26	0,27	0	89	324
202	21	89	452	47	0,5	46	25	0,27	0	89	334
102	21	191	541	46	0,5	45	24	0,25	0	191	768
	Σ	732									

Анализ результатов расчетов показывает, что разница при установке полотенцесушителя без байпаса и с байпасом незначительно влияет на необходимую теплоотдачу полотенцесушителей. Таким образом, возможна установка системы как без байпаса, так и с ним. Однако система с байпасом может быть более удобна в эксплуатации, так как она позволяет установить арматуру для отключения полотенцесушителя самими жильцами.

Список использованных источников

1. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Теплоснабжение» на тему «Горячее водоснабжение жилого дома» для студентов специальности 700402, 700471. УО «Брест. гос. тех. ун-т»; сост.: Д. В. Новосельцева, В. Г. Новосельцев; под ред. В. Г. Новосельцева. – Брест, 2021. – 46 с.
2. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Отопление и вентиляция жилого дома» для студентов специальностей 700402, 700471. УО «Брест. гос. тех. ун-т»; сост.: Д. В. Новосельцева, В. Г. Новосельцев; под ред. В. Г. Новосельцева. – Брест, 2019. – 58 с.

Рязанова К. А., Сафонова А. А.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Брестский государственный технический университет, студентки факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Янчилин П. Ф., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемых системой кондиционирования воздуха. В состав входят технические средства забора воздуха (фильтры, теплообменники, увлажнители или осушители воздуха, вентиляторы), а также средства хладо- и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

Автоматизированная система кондиционирования поддерживает заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды (атмосферных условий).

Основное оборудование системы кондиционирования для подготовки и перемещения воздуха агрегируется (компонуется в едином корпусе) в аппарат, называемый кондиционером. [1].

Общие сведения о проектируемом объекте.

Здание двухэтажное с чердаком и подвалом. Высота этажа от пола до потолка – $h = 5$ м.

Характеристика данного помещения:

- зал собраний, площадью ($F = 302 \text{ м}^2$) и объемом ($V = 1510 \text{ м}^3$);
- имеются 12 световых проемов (окон): 5 окон выходят на северо-запад, 5 окон – на юго-восток, 2 – на северо-восток; размеры окон: $H = 1,83$ м, $B = 2$ м, общей площадью $3,66 \text{ м}^2$ каждое;
- предполагаемое количество людей в помещении – 85 человек;
- помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- расчетный расход воздуха: $L_p = 11271 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $G_p = 13412 \text{ кг/ч}$.

В данной статье проводим сравнение работы фреонового охладителя с различной компоновкой СКВ в теплый период года.

Построение всех процессов начинаем с нанесения на $I-d$ -диаграмму точек Н и В, характеризующих состояние наружного ($t_n = 25,8^\circ \text{C}$ и $I_n = 50,6 \text{ кДж/кг}$) и внутреннего воздуха ($t_b = 25^\circ \text{C}$ и $\phi_b = 60 \%$) для расчетных условий. Параметры точки Н – температура и энтальпия – принимаем по [2]. Параметры точки В – температура и энтальпия – принимаем по [3].

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\varepsilon_t = 9764,4 \text{ кДж/кг}$ на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_n = 23^\circ \text{C}$) и точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_y = 27,6^\circ \text{C}$).

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

1. Прямоточный процесс обработки воздуха с фреоновым охладителем и пароувлажнителем.

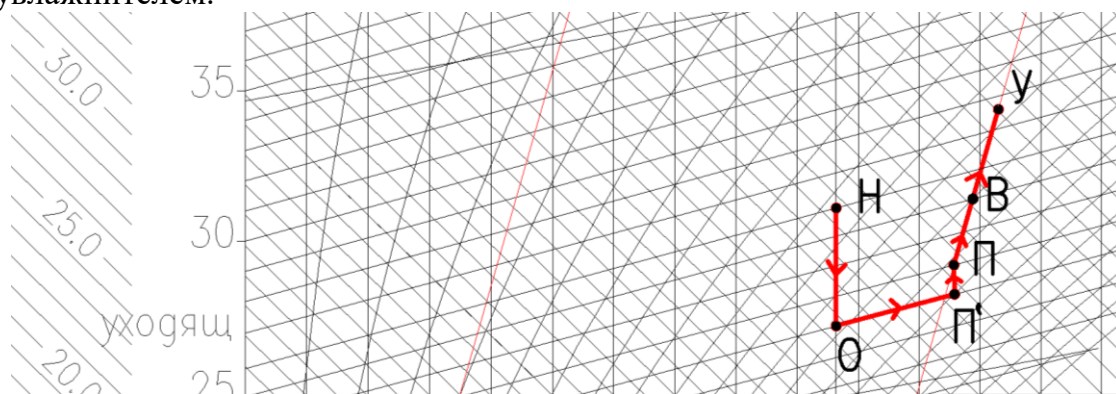


Рисунок 1 – Прямоточный процесс обработки воздуха с фреоновым охладителем и пароувлажнителем

Путь обработки: «наружный воздух» – «фреоновый охладитель» – «пароувлажнение».

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобилась камера пароувлажнения, для которой необходимо подать $7,45 \text{ кг/ч}$ влаги, подогреть воду до 22°C , затратив 6 кВт/ч электроэнергии и использовать дополнительную установку для подогрева воды; фреоновый охладитель, на работу которого затрачивается $14,5 \text{ кВт}$ электроэнергии.

2. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и охладителем.

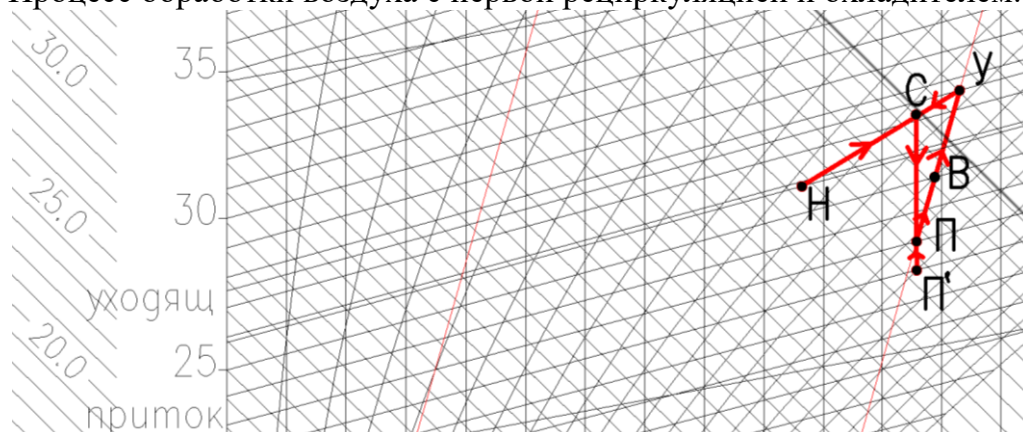


Рисунок 2 – Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и охладителем

Путь обработки: «наружный воздух» – «камера смешения» – «фреоновый охладитель».

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобился фреоновый охладитель, для работы которого необходимо затратить 19,7 кВт/ч электроэнергии.

Принципиальные схемы процессов:

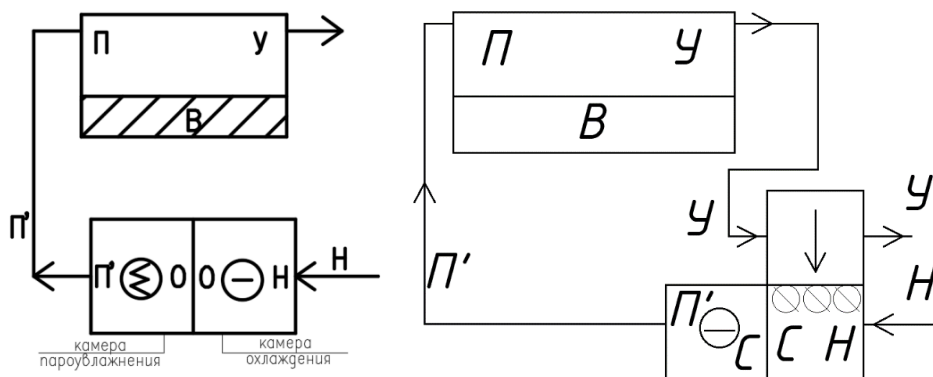


Рисунок 4 – Принципиальные схемы процессов

Основные данные по процессам с фреоновым охладителем в теплый период года заносим в таблицу 1.

При выборе применяемого процесса для теплого периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, предпочтительнее применять процесс обработки воздуха с рециркуляцией и количество требуемых секций должно быть минимальным. По всем параметрам подходит процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и фреоновым охладителем, так как отсутствуют затраты на подогрев и обработку воды.

Таблица 1 – Характеристика процессов с камерой орошения в теплый период года.

Процесс обработки воздуха	Наименование требуемых секций кондиционера	Количество подаваемого/забираемого тепла, кДж/ч	Количество воды/пара, кг/ч	Количество смешиваемого рециркуляционного воздуха кг/ч
1. Прямоточный процесс с фреоновым охладителем и пароувлажнителем	1. Воздухоохладитель 2. Пароувлажнитель	52306,8 (14,5 кВт)	7,45 6 кВт	Не требуется
2. Обработка с 1-й рециркуляцией и фреоновым охладителем	1. Воздухоохладитель	71083,3 (19,7 кВт)	-	3629,3 кг/ч-удаляемого, 9782,7 кг/ч-наружного

Вывод. Для теплого периода года (ТП) выбираем процесс с первой рециркуляцией и фреоновым охладителем.

Список использованных источников:

1. Кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 06.04.2024.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.2019 (с отменой СНБ 4.02.01-03). – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве (МНТКС), 2012. – 23 с.

Рязанова К. А., Сафонова А. А.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В ХОЛОДНЫЙ
ПЕРИОД ГОДА**

Брестский государственный технический университет, студентки факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Янчилин П. Ф., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемых системой кондиционирования воздуха. В состав входят технические средства забора воздуха (фильтры, теплообменники, увлажнители или осушители воздуха, вентиляторы), а также средства холодо- и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля.

Автоматизированная система кондиционирования поддерживает заданное состояние воздуха в помещении независимо от колебаний параметров окружающей среды (атмосферных условий).

Основное оборудование системы кондиционирования для подготовки и перемещения воздуха агрегатируется (компонуется в едином корпусе) в аппарат, называемый кондиционером [1].

Общие сведения о проектируемом объекте.

Здание двухэтажное с чердаком и подвалом. Высота этажа от пола до потолка – $h = 5$ м.

Характеристика данного помещения:

- зал собраний площадью ($F = 302 \text{ м}^2$) и объемом ($V = 1510 \text{ м}^3$);
- имеются 12 световых проемов (окон): 5 окон выходят на северо-запад, 5 окон – на юго-восток, 2 – на северо-восток, размеры окон $H = 1,83$ м, $B = 2$ м, общей площадью $3,66 \text{ м}^2$ каждое;
- предполагаемое количество людей в помещении – 85 человек;
- помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- расчетный расход воздуха: $L_p = 11271 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $G_p = 13412 \text{ кг/ч}$.

В данной статье проводим сравнение работы фреонового охладителя с различной компоновкой СКВ в холодный период года.

Построение всех процессов начинаем с нанесения на $I-d$ -диаграмму точек H и B , характеризующих состояние наружного ($t_H = -24^0\text{C}$ и $I_H = -22,7\text{ кДж/кг}$) и внутреннего воздуха ($t_B = 19^0\text{C}$ и $\phi_B = 30\%$) для расчетных условий. Параметры точки H – температуру и энтальпию – принимаем по [2]. Параметры точки B – температуру и энтальпию – принимаем по [3].

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\epsilon_x = 10265,9\text{ кДж/кг}$ на точку B и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку $П$ (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_P = 17^0\text{C}$) и точку $У$ (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_U = 20,4^0\text{C}$).

В холодный период года целесообразно рассмотреть и произвести оценку применения утилизации теплоты уходящего воздуха. При этом 100 % удаляемого из помещения воздуха пропускается через утилизатор теплоты и выбрасывается в атмосферу. Подбор рекуператоров осуществляем в программе WinClim II [4]. Для защиты рекуператоров от обмерзания необходимо использовать термостат защиты при $t < -5^0\text{C}$.

При помощи программы WinClim II подбираем высокоэффективный пластинчатый рекуператор (рисунок 1).

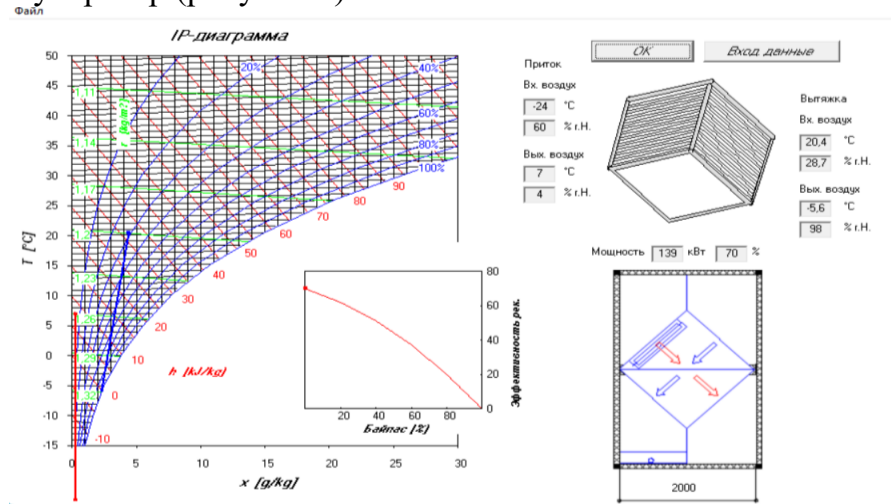


Рисунок 1 – Расчет пластинчатого рекуператора (тип высокоэффективный) в программе WinClim II

1. Процесс обработки воздуха с помощью пластинчатого рекуператора.

Построение процесса на $I-d$ диаграмме отображено на рисунке 2а. Принципиальная схема установки изображена на рисунке 3а.

В пластинчатый рекуператор поступает воздух с параметрами H и параметрами $У$, далее поступает с параметрами P в камеру пароувлажнения, где переходит в состояние O . Далее попадает в камеру нагрева и принимает параметры $П$.

Путь обработки: «наружный воздух» – «рекуперация тепла» – «пароувлажнение» – «нагрев».

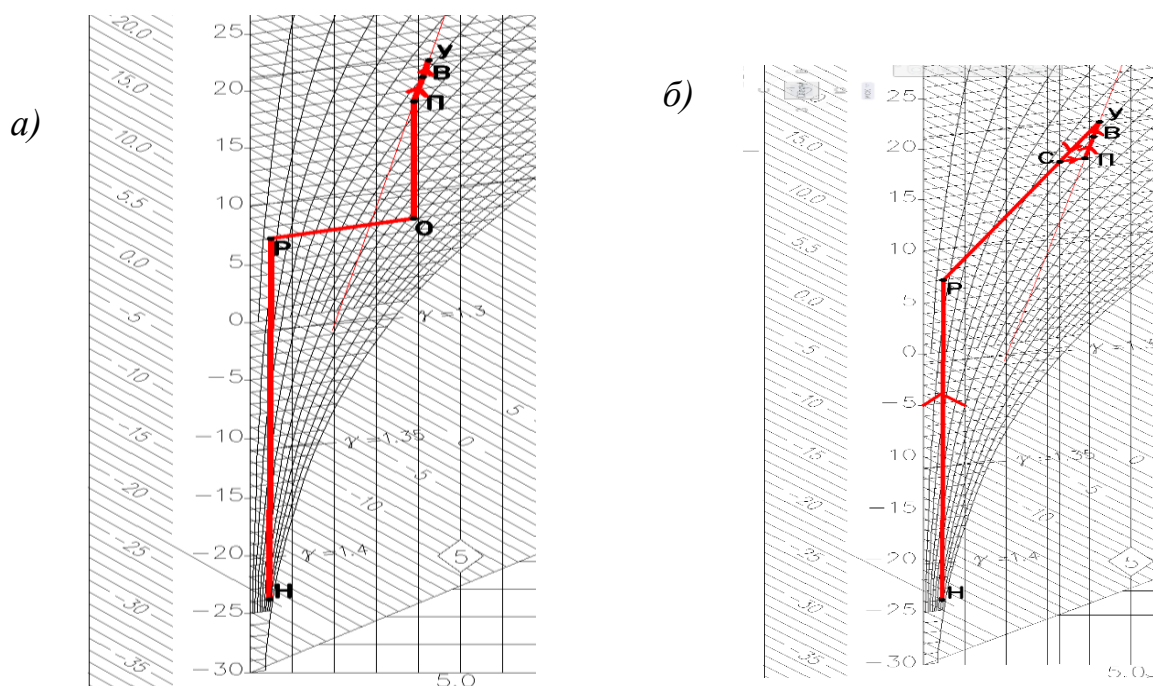
Вывод. Для осуществления процесса нам понадобилась пластинчатый рекуператор, камера пароувлажнения, для которой необходимо подать $45,6\text{ кг/ч}$ пара, затратить $4,8\text{ кВт/ч}$ электроэнергии для нагрева воды и $28,6\text{ кВт/ч}$ для нагрева пара, а также камера нагрева с затратами $37,6\text{ кВт/ч}$ электроэнергии.

2. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и пластинчатым рекуператором в холодный период года.

Построение процесса на $I-d$ диаграмме отображено на рисунке 2б. Принципиальная схема установки изображена на рисунке 3б.

В пластинчатый рекуператор поступает воздух с параметрами Н и параметрами У, далее поступает с параметрами Р в камеру смешения, где принимает параметры С, потом в камеру пароувлажнения с параметрами О, где переходит в камеру нагрева в состоянии П.

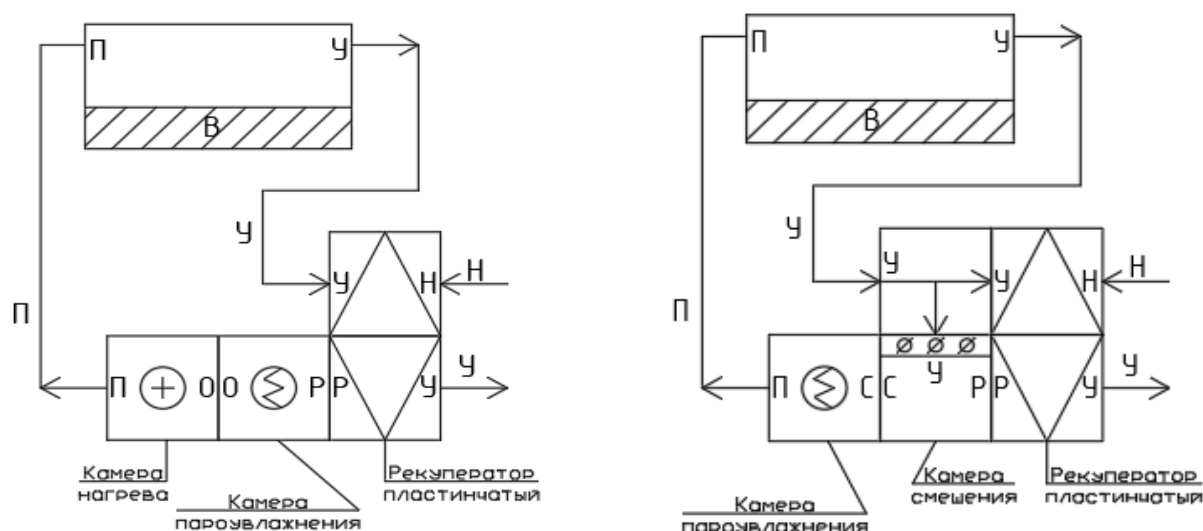
Путь обработки: «наружный воздух» – «рекуперация тепла» – «смешение с удаляемый воздухом» – «пароувлажнение».



а – прямоточный с пластинчатым рекуператором;

б – с первой рециркуляцией и пластинчатым рекуператором

Рисунок 2 – Процессы обработки воздуха в холодный период года



а)

б)

а – при прямоточном процессе обработки воздуха с пластинчатым рекуператором;

б – при обработке воздуха с первой рециркуляцией и пластинчатым рекуператором

Рисунок 3 – Принципиальные схемы установки в холодный период года

Основные данные по процессам с пластинчатым рекуператором в холодный период года заносим в таблицу 1.

Таблица 1. Характеристика процессов с пластинчатым рекуператором в холодный период года

Процесс обработки воздуха	Наименование требуемых секций кондиционера	Количество подаваемого / забираемого тепла, кДж/ч	Количество воды/пара, кг/ч	Количество смешиваемого рециркуляционного воздуха кг/ч
1. Обработка воздуха с помощью пластинчатого рекуператора	1. Рекуператор пластинчатый тип Высокоэффективный 2. Пароувлажнитель 3. Калорифер	135461 кДж/ч 37 кВт	45,6 кг/ч (31,7 кВт)	-
2. Обработка воздуха с помощью пластинчатого рекуператора и первой рециркуляцией	1. Рекуператор пластинчатый тип Высокоэффективный 2. Пароувлажнитель	-	9,39 кг/ч (7,5 кВт)	9991,9 кг/ч-наружного, 3420,1 кг/ч-удаляемого

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобились: пластинчатый рекуператор, камера смешения с рециркуляцией воздуха в количестве 9991,9 кг/ч, камера пароувлажнения, для которой необходимо подать 9,39 кг/ч пара и затратить 5,9 кВт/ч электроэнергии для нагрева воды и 0,9 кВт/ч для нагрева пара.

При выборе применяемого процесса для холодного периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, предпочтительнее применять процессы с рециркуляцией и количество требуемых секций должно быть минимальным. По всем параметрам подходит процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и пластинчатым рекуператором: для его обеспечения нужен пластинчатый рекуператор и пароувлажнитель. Рециркуляционный воздух подмешиваем в количестве 9991,9 кг/ч.

Вывод. Для холодного периода года (ХП) выбираем процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и пластинчатым рекуператором.

Список использованных источников

1. Кондиционирование воздуха [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 19.05.2023.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная науч.-техн. комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строит. (МНТКС), 2012. – 23 с.
4. Программа для подбора оборудования (рекуператоров) WinClim II.

Силюк Я. А.

ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Янчилин П. Ф., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

В данной статье рассмотрим характеристику прямоточного процесса с охладителем и пароувлажнителем при схеме воздухораспределения вытеснением.

Кондиционирование воздуха — это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определенном уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры [1].

Общие сведения о проектируемом объекте.

Конференц-зал, рассчитан на 120 человек. Помещение расположено на первом этаже здания. Высота этажа от пола до потолка — $h = 3,1$ м.

Характеристика данного помещения:

- конференц-зал, площадью ($F = 383,8 \text{ м}^2$) и объемом ($V = 1190 \text{ м}^3$);
- размеры световых проемов: $1800 \times 2400 \text{ h}$ (11 шт.);
- предполагаемое количество людей в помещении – 120 человек;
- помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- расчетный расход воздуха при данной схеме (на разницу температур $\Delta t = 2^\circ \text{C}$, так как воздух подается по схеме «снизу – вверх»):

$$G = 18086,95 \text{ кг/ч}, L = 15072,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Построение процесса начинаем с нанесения на $I-d$ -диаграмму точек H и B , характеризующих состояние наружного ($t_n = 26,5^\circ \text{C}$ и $I_n = 51,2 \text{ кДж/кг}$) и внутреннего воздуха ($t_b = 25^\circ \text{C}$ и $\phi_b = 60 \%$) для расчетных условий. Параметры точки H – температура и энтальпия – принимаем по [2]. Параметры точки B – температура и энтальпия – принимаем по [3].

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\varepsilon_t = 5837 \text{ кДж/кг}$ (получили после расчета вредных выделений) на точку B и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку $П$ (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_n = 23^\circ \text{C}$) и точку $У$ (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_y = 26,92^\circ \text{C}$).

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

Из точки $П'$ по $t = \text{const}$ проводим линию до пересечения с линией, опущенной по $d_n = \text{const}$ из точки H . На пересечении этих линий получим точку O . Отрезок HO характеризует процесс охлаждения воздуха в поверхностном воздухоохладителе, а

трезок OP' – пароувлажнение воздуха в паровом увлажнителе до параметров точки P' .

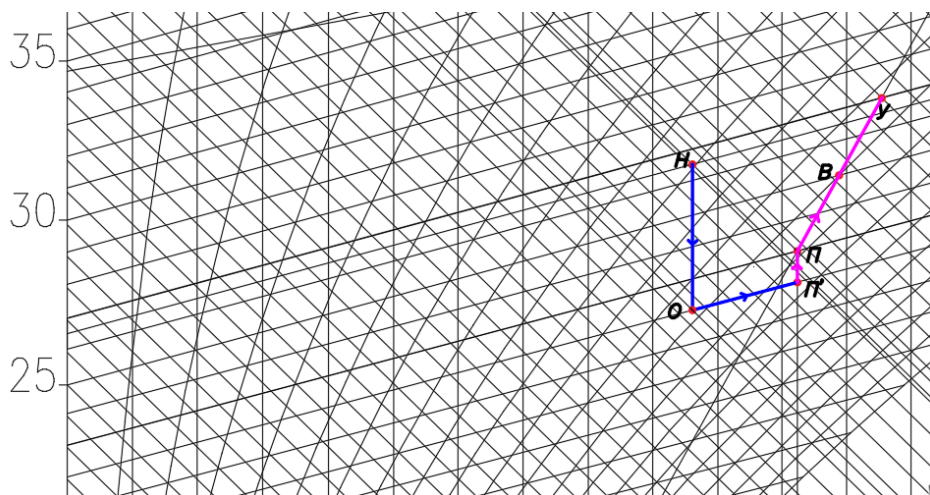


Рисунок 1 – Прямоточный процесс обработки воздуха с фреоновым воздухоохладителем и пароувлажнителем в теплое время года

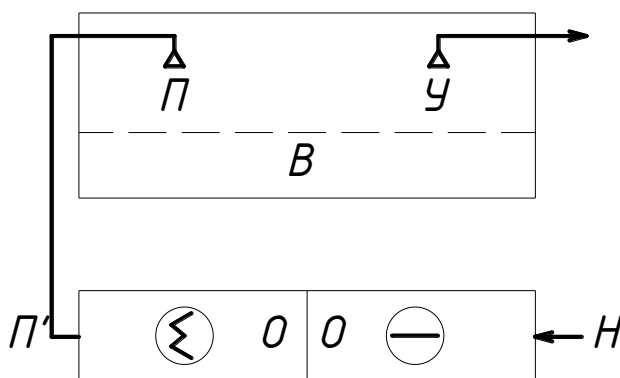


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки

Расход холода на охлаждение воздуха в воздухоохладителе: $G_p = 18086,95 \text{ кг/ч}$

$$Q_x = L \cdot (I_H - I_0)$$

$$Q_x = (51,2 - 46,5) \cdot 18086,95 = 85009 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 23,61 \text{ кВт.}$$

Количество пара, необходимого для процесса ОП', определим по формуле

$$G_{\Pi} = L \cdot (d_{\Pi} - d_0)$$

$$G_{\Pi} = 18086,95 \cdot (11,2 - 9,72) = 26768,69 \text{ г/час} = 26,7 \text{ кг/час}$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды,

$$Q_B = G_{\Pi} \cdot C_W \cdot \Delta t_B$$

$$Q_R = 26,7 * 4,146 * (100 - 12) = 9741,44 \text{ кДж/ч} = 2,7 \text{ кВт}$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева пара,

$$Q_{\Pi} = G_{\Pi} \cdot r$$

$$Q_{\Pi} = 26,7 * 2260 = 60342 \text{ кДж/ч} = 16,76 \text{ кВт}$$

Общая нагрузка с учетом КПД установки $\eta = 0,9$

$$N_{\text{эл}} = (Q_{\text{п}} + Q_{\text{в}})/0,9$$

$$N_{эл} = \frac{16,76 + 2,7}{0,9} = 21,6 \text{ кВт}$$

Вывод. Для осуществления данного прямоточного процесса в теплый период нам требуется фреоновый воздухоохладитель, который охлаждает воздух, потребляя

количество энергии $N_x = 23,61$ кВт; пароувлажнитель, который потребляет $N_{эл} = 21,6$ кВт для генерации пара в объеме $G_{п} = 26,7$ кг/ч.

Список использованных источников

1. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогасоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 1 – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03–2019. – Введ. 16.12.2019 (с отменой СНБ 4.02.01-03) – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная науч.-техн. комисс. по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строит. (МНТКС), 2012. – 23 с.
4. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогасоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 2 Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.

Силюк Я. А.

ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ПРИ СХЕМЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕМ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Янчилин П. Ф. ст. преподаватель кафедры теплогасоснабжения и вентиляции

В данной статье рассмотрим характеристику обработки воздуха с помощью калорифера, пароувлажнителя и первой рециркуляции в холодный период при схеме воздухораспределения вытеснением.

Кондиционирование воздуха — это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определенном уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры [1].

Общие сведения о проектируемом объекте.

Конференц-зал, рассчитан на 120 человек. Помещение расположено на первом этаже здания. Высота этажа от пола до потолка $h = 3,1$ м.

Характеристика данного помещения:

- конференц-зал, площадью ($F = 383,8$ м²) и объемом ($V = 1190$ м³);
- размеры световых проемов: 1800 x 2400h (11 шт.);
- предполагаемое количество людей в помещении – 120 человек;

- помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- расчетный расход воздуха при данной схеме (на разницу температур $\Delta t = 2^\circ\text{C}$, так как воздух подается по схеме «снизу – вверх»):

$$G = 18086,95 \text{ кг/ч}, L = 15072,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Построение всех процессов начинаем с нанесения на I-d-диаграмму точек Н и В, характеризующих состояние наружного ($t_n = -22^\circ\text{C}$ и $I_n = -21 \text{ кДж/кг}$) и внутреннего воздуха ($t_b = 20^\circ\text{C}$ и $\phi_b = 30\%$) для расчетных условий. Параметры точки Н – температура и энтальпия – принимаем по [2]. Параметры точки В – температура и энтальпия – принимаем по [3].

Путем параллельного переноса накладываем процесс изменения состояния воздуха в помещении $\varepsilon_x = 8446 \text{ кДж/кг}$ (получили после расчета вредных выделений) на точку В и определяем на этой линии положение точек, характеризующих состояние приточного и удаляемого воздуха: точку П (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_n = 18^\circ\text{C}$) и точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_y = 20,8^\circ\text{C}$).

Для осуществления данного процесса обработки воздуха нам понадобится количество воздуха, которое мы можем вернуть в расчетное помещение $L_{\text{рец}} \text{ м}^3/\text{ч}$.

Величина CO_2 должна быть не меньше, чем предусмотрено нормами подачи наружного воздуха на одного человека для соответствующих зданий. В конференцзалах – не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на человека. Если оказывается, что CO_2 больше, чем L_n , то за расчетный воздухообмен принимается CO_2 и еще раз уточняется температура притока или внутреннего воздуха, как описано выше.

Если расчетный воздухообмен окажется выше минимально необходимого (нормируемого), то следует рассмотреть вопрос о целесообразности применения рециркуляции. Рециркуляция возможна, если она допустима по санитарно-гигиеническим соображениям, т. е. если в помещении не выделяются токсичные, пахучие или пожароопасные и взрывоопасные вещества. Рециркуляция целесообразна, если затраты на устройство и эксплуатацию систем рециркуляции не превышают стоимости энергии, экономия которой достигается за счет ее применения.

Построение процесса начинаем строить с первой рециркуляцией. Таким образом, происходит смешение наружного воздуха с параметрами т. Н и удаляемого с параметрами т. У. Отрезок НУ – процесс смешения воздуха, т. С, лежащая на этом отрезке, характеризует параметры воздуха на выходе из камеры смешения. Наиболее выгодное положение т. С определим, исходя из положения т. П'. Проводя прямую из т. П' до прямой Н, получим точку пересечения С, которая является результатом смеси наружного и удаляемого воздуха.

Положение точки С, соответствующее состоянию смеси наружного и удаляемого воздуха, определим из соотношения расходов $G_{\text{рец}}$ и G_n . Точка С делит отрезок НУ на отрезки, длины которых обратно пропорциональны количеству воздуха в смеси: $НС / СУ = G_{\text{рец}} / G_n$. Далее из точки С поднимаем вертикально вверх прямую до линии $t_n = \text{const}$. На пересечении этих линий ставим точку К. Соединяем точку К и П по изотерме. Линия СК – процесс нагрева воздуха в калорифере, КП – увлажнение воздуха парогенератором.

Задаемся процентом рециркуляции 80 %. Точка С делит отрезок НУ на отрезки, длины которых обратно пропорциональны количеству воздуха в смеси, и, зная процент рециркуляции, определим необходимый расход наружного воздуха:

$$G_{\text{рец}} = 18086,95 \cdot 0,8 = 14469,56 \text{ кг/ч};$$

$$G_n = 18086,95 - 14469,56 = 3617,39 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

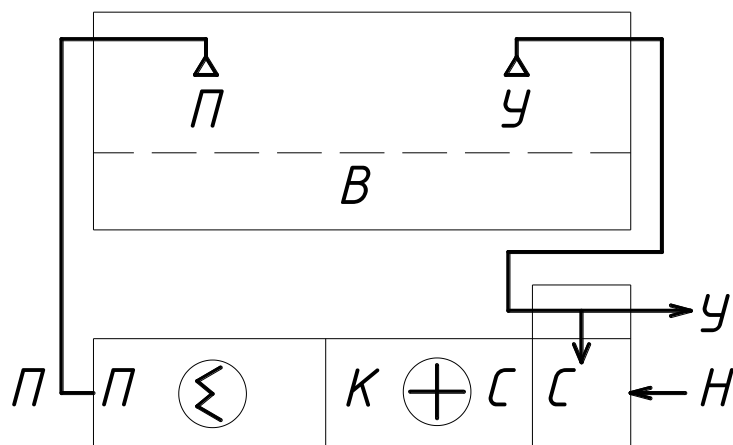


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки

Расход теплоты на подогрев воздуха в калорифере второго подогрева:

$$Q_k^2 = L \cdot (I_k - I_c) = 18086,95 \cdot (26,4 - 21,7) = 85008 \text{ кДж/ч} = 23,61 \text{ кВт.}$$

Количество пара, необходимого для процесса КП, определим по формуле

$$G_{\text{п}} = L \cdot (d_{\text{п}} - d_{\text{к}}) = 18086,95 \cdot (4,01 - 3,67) = 6149,5 \text{ г/час} = 6,149 \text{ кг/час.}$$

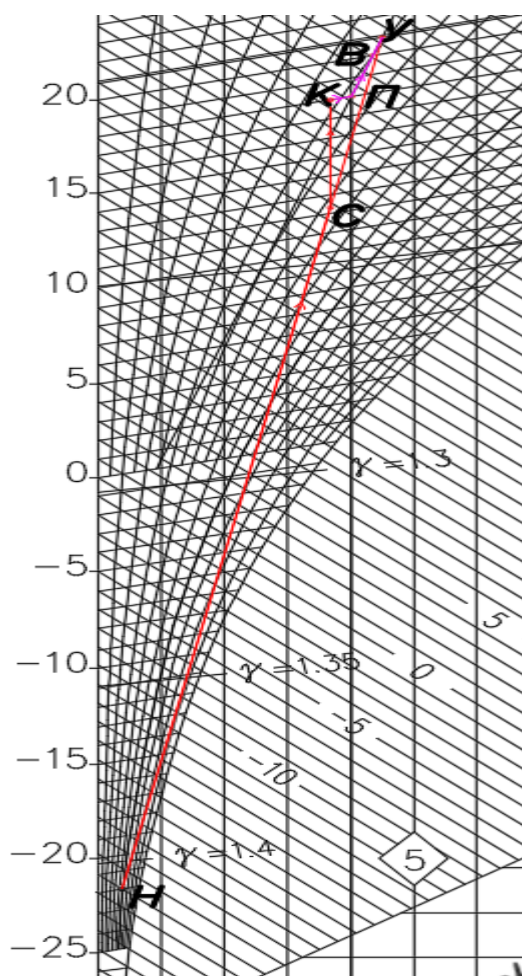


Рисунок 2 – Процесс обработки воздуха с ротационным рекуператором, калорифером и второй рециркуляцией

Количество теплоты, необходимое для нагрева воды,

$$Q_B = G_{\text{п}} \cdot C_W \cdot \Delta t_B$$

$$Q_B = 6,149 \cdot 4,146 \cdot (100 - 12) = 2243,45 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 0,62 \text{ кВт.}$$

Количество теплоты, необходимое для нагрева пара,

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{п}} \cdot r$$

$$Q_{\text{п}} = 6,149 \cdot 2260 = 13896,74 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} = 3,86 \text{ кВт.}$$

Общий расход:

$$N_{\text{эл}} = (Q_{\text{п}} + Q_B) / 0,9$$

$$N_{\text{эл}} = \frac{3,86 + 0,62}{0,9} = 4,69 \text{ кВт.}$$

Вывод. Для осуществления данного процесса в холодный период нам требуется калорифер, который нагревает воздух, потребляя количество энергии $N_x = 23,61$ кВт; пароувлажнитель, который потребляет $N_{\text{эл}} = 4,69$ кВт для генерации пара в объеме $G_{\text{п}} = 6,149$ кг/ч, количество смешиваемого удаляемого воздуха – 14469,56 кг/ч (80 %).

Список использованных источников

1. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогазоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 1 – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03–2019. – Введ. 16.12.2019 (с отменой СНБ 4.02.01-03) – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 68 с.
3. Параметры микроклимата в помещениях: ГОСТ 30494-2011. – Межгосударственная науч.-техн. комиссия по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строит. (МНТКС), 2012. – 23 с.
4. Янчилин, П. Ф. Методические указания для выполнения курсового проектирования «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 Теплогазоснабжение, отопление, вентиляция и охрана воздушного бассейна, Ч. 2 Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере – Брест : БрГТУ, 2020. – 45 с.

Терещук М.Н.

ПРОБЛЕМАТИКА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ В МАЙНИНГ ФЕРМАХ.

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-18. Научный руководитель: Новосельцев В.Г., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Современное общество стало свидетелем ускоренного развития технологий, которое нередко сопровождается интенсивным использованием энергии. Одним из секторов, который заметно вырос в последние десятилетия, является майнинг

криптовалюты, чрезвычайно энергоемкая отрасль, основанная на вычислительных мощностях.

Майнинг (от англ. mining) в контексте криптовалют является процессом, суть которого заключается в решении сложных математических задач для подтверждения и записи транзакций в блокчейне, а также в создании новых блоков криптовалюты. Этот процесс выполняется специальными вычислительными устройствами (ASIC-майнерами для биткоина, GPU для некоторых других криптовалют), которые решают криптографические задачи, необходимые для обеспечения безопасности и стабильности сети.

Майнинг фермы, используемые для добычи криптовалюты, стали значительным потребителем электроэнергии и источником тепловой энергии. В связи с этим возникает необходимость в поиске эффективных методов утилизации этой тепловой энергии. В данной работе мы сосредоточимся на моделировании системы автономной теплофикации, которая использует тепловую энергию, выделяемую майнинг фермами, в качестве источника тепла для различных целей.

Майнинг является важным элементом криптовалютных сетей, поскольку он обеспечивает безопасность и децентрализацию системы. Однако процесс майнинга также связан с высоким энергопотреблением и тепловыделением, особенно в случае майнинг ферм, где сотни и тысячи устройств работают параллельно для решения задач. В связи с этим вопросами утилизации тепловой энергии, выделяемой в процессе майнинга, все чаще становятся предметом исследований и разработок.

Перспективы развития технологий в области утилизации тепловой энергии при майнинге предоставляют значительные возможности для экономии ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду. В этом контексте тепловые насосы становятся ключевым инструментом, позволяющим эффективно использовать тепло, создаваемое в процессе майнинга криптовалюты, для обеспечения теплоснабжения в различных сферах, включая жилые дома, коммерческие объекты и промышленные предприятия.

Целью данной научной работы является разработка модели системы автономной теплофикации на основе тепловых насосов для эффективной утилизации тепловой энергии, выделяемой в процессе работы майнинг ферм и серверных. Достижение этой цели позволит не только снизить нагрузку на энергетические системы, но и создать дополнительные источники тепла для обогрева и горячего водоснабжения, что приведет к повышению энергетической эффективности и снижению экологического воздействия данной отрасли.

Проблема выброса лишнего тепла в контексте майнинга криптовалюты является значительным вызовом, который требует внимательного рассмотрения из-за его масштабов и потенциальных негативных последствий. Одним из основных источников этой проблемы является высокое энергопотребление, неизбежное при работе майнинг ферм и серверных, где сотни и тысячи вычислительных устройств функционируют параллельно для выполнения вычислительных задач.

Энергия, потребляемая этими устройствами, преобразуется в тепловую энергию в процессе их работы, что приводит к значительному нагреву окружающей среды. Помимо этого, процессы майнинга, как и работы серверов, требуют постоянного функционирования и, следовательно, постоянного выделения тепла. Это может вызвать повышенное тепловыделение в помещениях, где установлено оборудование, а также привести к перегреву, если системы охлаждения не функционируют должным образом.

Важно также отметить, что избыточное тепловыделение представляет собой потерю энергии, что неэффективно с точки зрения энергопотребления. Кроме того, оно может представлять риск для безопасности и инфраструктуры из-за возможности перегрева оборудования и возникновения пожаров.

Решение этой проблемы требует разработки и внедрения эффективных методов утилизации тепловой энергии, выделяемой в процессе майнинга криптовалюты. Такие методы могут включать в себя использование тепловых насосов, теплообменников и других инновационных технологий для переработки и использования лишней тепловой энергии в полезные цели, такие как отопление или подготовка горячей воды.

Майнинговое оборудование работает круглосуточно, что приводит к постоянному потреблению электроэнергии даже в периоды низкой активности рынка криптовалют. Важным аспектом является также необходимость поддержания оптимальной температуры оборудования, в среднем диапазон рабочих температурот 0°C до +40°C для предотвращения его перегрева[1]. Для этого требуются мощные системы охлаждения, которые также потребляют значительные объемы электроэнергии.

Тепловыделение в майнинговых фермах играет ключевую роль, поскольку часть энергии, потребляемой оборудованием, преобразуется в тепло. Системы охлаждения должны эффективно удалять это тепло, чтобы обеспечить стабильную работу оборудования. Из-за этого значительная часть затрат на электроэнергию направляется на работу систем охлаждения.

С учетом того, что энергопотребление является одним из основных операционных затрат в майнинге криптовалюты, майнинговые компании постоянно ищут способы снижения энергопотребления и оптимизации операционных расходов. Это может включать в себя выбор энергоэффективного оборудования, поиск местоположений с доступной и дешевой электроэнергией или реализацию инновационных технологий для эффективного использования выделяемой тепловой энергии.

Сохранение тренда увеличения энергопотребления в майнинге криптовалют представляет собой уникальную возможность использования электрической энергии в двух направлениях: в выполнении вычислительных задач и в теплоснабжении. Поддержание высоких уровней энергопотребления в майнинге не только подчеркивает значительный вклад этой отрасли в глобальное энергетическое потребление, но также открывает перспективы для эффективного использования "побочного" тепла, производимого майнинговыми операциями.

Осуществление энергетического метаболизма майнинга, с одной стороны, требует значительных ресурсов для питания специализированных вычислительных устройств, что приводит к повышенной потребности в электроэнергии. С другой стороны, это также приводит к интенсивной генерации тепла, которое, традиционно, рассматривается как "отход" и отводится через системы охлаждения. Однако, перспектива эффективного использования этого тепла для нагрева воды или для других тепловых нужд представляет собой значительный потенциал с точки зрения снижения энергетических потерь и оптимизации энергетического оборудования.

Направленное использование тепла, генерируемого майнингом криптовалют, может не только смягчить негативное воздействие на окружающую среду за счет эффективной утилизации отходной энергии, но также обеспечить дополнительные ресурсы для отопления и горячего водоснабжения в различных сферах человеческой деятельности. Это позволяет решить проблемы, связанные с неэффективным

использованием ресурсов и снизить зависимость от традиционных источников энергии.

Некоторые из принципов утилизации тепла уже реализованы в базовых центрах обработки данных (далее – ЦОД), где тепло, произведенное в результате вычислительных процессов, активно используется в различных целях. Одним из успешных примеров использование тепла является европейского дата-центра Facebook в городе Оденсе (Дания), генерируемого вычислительным оборудованием, для обогрева зданий или подогрева воды [2].

Принцип такого подхода заключается в том, что тепло, выделяемое работающими серверами и другими устройствами в ЦОДе, перехватывается и направляется на нагрев воздуха или воды, заменяя или снижая потребность в дополнительных источниках тепла. Для этого могут использоваться тепловые насосы, вентиляционные системы и другие инженерные решения.

Такие решения не только позволяют уменьшить воздействие на окружающую среду за счет сокращения энергопотребления и выбросов парниковых газов, но и предоставляют дополнительные экономические выгоды за счет снижения затрат на энергию и обеспечения дополнительных доходов от продажи избыточного тепла или услуг теплоснабжения.

Список использованных источников:

1. Advanced Solutions. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.adv-vent.ru/blog/sistema-ventilyacii-i-ohlazhdeniya-majning-fermy> – Дата обращения: 16.03.2024.
2. Facebook's hyperscale data center warms Odense. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tech.facebook.com/engineering/2020/7/odense-data-center-2/> – Дата обращения: 16.03.2024.

Хабиров Ю.М., Соловьев Р.А., Хамидуллин И.С., Важаев К.В.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ СТОЧНЫХ ВОД

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Хабиров Ю.М., магистрант; Соловьев Р.А. доцент, к. т. н.; Хамидуллин И.С. доцент; Важаев К.В., заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение», доцент, к. т. н.

Деятельность человека неизбежно сопряжена с постоянным использованием горячей воды в бытовых и санитарно-гигиенических целях. Затрачивая тепловую энергию на нагрев воды в системах горячего водоснабжения, при ее последующем сбросе со сточными водами в канализационные системы происходит безвозвратная потеря энергетических ресурсов. Рекуперация является эффективным и инновационным способом использования теплового потенциала, который обычно теряется в сточных водах. Разработка и широкое использование тепловых насосов, позволяющих извлекать теплоту низкопотенциальных источников, делают внедрение систем рекуперации тепловой энергии сточных вод возможным и более доступным [1].

Существует большое количество работ, посвященных разработке способов утилизации тепловой энергии сточных вод [2-12]. Тепло сточных вод может рекуперироваться в различных зонах системы водоотведения, а способ рекуперации зависит от температуры и объема сточных вод. Отбор тепловой энергии сточных вод может осуществляться непосредственно у источника (в зданиях и сооружениях), на этапе транспортировки (в канализационных коллекторах и насосных станциях), на очистных сооружениях.

Как правило, стоки с наибольшей температурой находятся в непосредственной близости от их источника, поэтому заметное распространение получили системы рекуперации тепловой энергии бытовых сточных вод, устанавливаемых в индивидуальных и многоквартирных домах [7-9]. Эксплуатация таких систем сопряжена с трудностями, связанными с наличием в стоках взвешенных частиц, приводящих к засорению стандартных теплообменных агрегатов. Это требует разработки и производства специальных теплообменников, что приводит к удорожанию системы рекуперации. Образующиеся на теплообменных поверхностях биопленки ослабляют эффект теплопередачи и требуют проведения профилактической очистки [9]. Другими недостатками подобных систем является зависимость от колебаний температуры и расхода воды, трудность обеспечения пиковой потребности в горячем водоснабжении.

Большой объем сточных вод средней температуры концентрируется в коллекторах сточных вод и на канализационных насосных станциях, что позволяет создавать более мощные системы рекуперации, способные снабжать тепловой энергией несколько зданий или небольшие кварталы [10]. В этих случаях внутри канализационных труб встраиваются различные теплообменные конструкции, позволяющие осуществить утилизацию тепловой энергии стоков с последующей передачей на тепловые насосы. Монтаж таких систем требует серьезного вмешательства в работу водоотводящих сетей, проведения значительного количества земляных работ, а также больших первоначальных затрат. При этом количество утилизируемой тепловой энергии будет зависеть от протяженности канализационной сети, мощности и характера источников сточных вод. Попадание в коллекторы смешанной канализации талых вод в весенний период приводит к уменьшению температуры сточных вод, что снижает потенциал системы рекуперации. Как и в предыдущем варианте, использование неочищенных сточных вод внутри оборудования обуславливает необходимость постоянного технического обслуживания.

Значительным недостатком выше рассмотренных методов рекуперации является снижение температуры сточных вод в зимний период, что оказывает негативное воздействие на работу очистных сооружений, так как при этом замедляется процесс биологической очистки [11]. По этой причине может происходить сброс неочищенных сточных вод в водоемы.

В сравнении с выше рассмотренными способами утилизация тепловой энергии сточных вод на очистных сооружениях может быть реализована с применением стандартного теплообменного оборудования, что требует значительно меньших капитальных затрат. Согласно оценкам специалистов минимальная температура сточных вод, поступающая на очистные сооружения в зимний период может колебаться в пределах от 12-16 °C [12]. Постоянный расход воды делает рекуперацию наиболее простой в эксплуатации. Снижение температуры сточных вод перед сбросом в водные объекты позволит избежать теплового загрязнения последних. Однако низкая температура сточных вод и удаленность от потребителей тепловой энергии ограничивает возможности внедрения систем рекуперации на очистных сооружениях.

В настоящее время существуют примеры успешной реализации подобных решений, например, в городе Мальме (Швеция), где была реализована система

утилизации тепловой энергии очищенных сточных вод с применением аммиачных тепловых насосов. В результате была получена возможность отбора более 30 МВт энергии, соотношение получаемой тепловой и затрачиваемой электрической энергии составила 3,5 к 1 [10].

Список использованных источников

1. Хабиров, Ю.М, Хамидуллин И.С. Использование вторичной тепловой энергии в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения зданий и сооружений // XI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: ст. и тез. / УГНТУ. - Уфа, 2023. - С. 84-88.
2. Салихов Р. Б., Абдрахманов В. Х., Важдаев К. В. Система мониторинга удаленного управления температурным режимом, климатом и теплопотреблением / Актуальные проблемы электронного машиностроения (АПЭП - 2016). Труды XIII международной научно-практической конференции. В 12 томах. 2016. с. 241-245.
3. Валиахметова Ю. И., Важдаев К. В., Мартяшева В. А., Латыпова Т. В., Газизова Л. И., Шарафутдинов А. И., Ульмасов Р. Р. Исследование различных комбинаций утепления пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты / Строительство и техногенная безопасность. 2020. № 19 (71). С. 27-35.
4. Юмалин Т. Т., Салихов Р. Б., Абдрахманов В. Х., Салихов Т. Р., Важдаев К. В., Мунтянова Т. Д. Беспроводная система контроля качества окружающей среды / Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21. № 3. С. 232-242.
5. Салихов Р.Б., Гаскарова А.А., Важдаев К.В., Аллабердин А.Б. Разработка автоматизированной системы экологического мониторинга с применением технологий ИОТ // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 2. – С. 60-72.
6. Важдаев К.В., Иванова О.В., Халиков Р.М., Короткова Л.Н. Управление качеством функционирования технологической линии водоснабжения с использованием современных датчиков // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 13 (65). – С. 127-132.
7. Куницкий, В.А. Использование теплообменного аппарата для рекуперации тепловой энергии сточной душевой воды / В.А. Куницкий // Вестник вологодского государственного университета. Серия: технические науки. – 2020. – № 1(7). – С. 19 – 22.
8. Перепелица, Н.С. Экспериментальная методика исследования теплообменника для рекуперации тепла сточных вод // Лучшая студенческая статья 2021: сборник статей XXXIX Международного научно - исследовательского конкурса. - Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2021. – 302 с.
9. Аннаев М. Использование тепла канализационных стоков на нужды отопления студенческого общежития / М. Аннаев, Ш. Акмурадов // Материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, – 2020.
10. Cipolla S.S., Maglionico M. Heat Recovery from Urban Wastewater: Analysis of the Variability of Flow Rate and Temperature in the Sewer of Bologna, Italy / Cipolla S.S., Maglionico M. // Energy and Buildings 69:122–130. — 2014. — № 69. — С. 122-130..
11. Кирсанов В.В. Влияние температуры в аэротенках на эффективность биоочистки основных ингредиентов промышленных сточных вод химического предприятия // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 24 (16). – С. 89-90.

12. ИТС 10-2015 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [Электронный ресурс]: Доступ из справ. –правовой системы «КонсультантПлюс».

Охримук А., Шрейдер А., Вечканов Б., Мамро Е., Агеевец А. М.

БЫТОВОЙ ТВЕРДОТОПЛИВНЫЙ ПИРОЛИЗНЫЙ КОТЕЛ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОЙ ВОДЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Государственное учреждение образования «Средняя школа № 20 г. Бреста имени Героя Советского Союза Д. М. Карбышева», учащиеся 10 «А» класса инженерной направленности, директор школы

Хуторская система расселения возникла на территории современной Республики Беларусь во II-й половине XIX века после отмены крепостного права. В настоящее время, согласно законодательству Республики Беларусь, хутора, наряду с агрогородками, деревнями и поселками относятся к категории сельских населенных пунктов. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь на 2023 год, в Республике Беларусь проживает 9 200 617 человек, из них доля городского населения составляет 7 212 405, сельского населения – 1 988 212 человек. Наблюдается современная тенденция переезда городского населения в сельскую местность.

Цель работы: разработать бытовой твердотопливный пиролизный котел с дополнительными возможностями получения тепловой воды и электричества для местности, ограниченной возможностями подвода природного газа и перебоями электричества.

Задачи исследования: познакомиться с историей открытия пиролиза и появления твердотопливных котлов с помощью интернет ресурсов, создать универсальный экспериментальный бытовой пиролизный котел с дополнительными возможностями получения тепловой воды и электричества.

Мы предположили следующую гипотезу исследования: «Бытовой пиролизный котел с дополнительными возможностями получения тепловой воды и электричества может быть использован как источник газа, тепла и электроэнергии для агроусадеб, хуторской системы расселения, дачных товариществ».

В ходе реализации темы исследования был реализован план:

1. Создать действующий прототип бытового пиролизного котла и осуществить эксперимент, сделать промежуточные выводы.
2. Создать схему и действующий бытовой пиролизный котел с дополнительными функциями получения тепловой воды и электричества.
3. Провести сравнительный эксперимент пиролиза древесины хвойных и лиственных пород.

Поставленные задачи решались следующим способом: бытовой пиролизный котел состоит из реактора (1), куда сверху через крышку (2) подается топливо, вверху реактора приварена отводная труба (8) для утилизации газа, который проходит через нее и попадает в фильтр первичной очистки (9), далее газ поступает через охладитель

(водяную рубашку) (10), которую можно подключить к системе водяного отопления помещения (11).

На корпусе реактора установлен металлический ящик (3) с 12-ю элементами Пельтье на алюминиевых полосах, сверху к ним крепятся алюминиевая пластина и дополнительно установлены 2 кулера на крышке ящика (3).

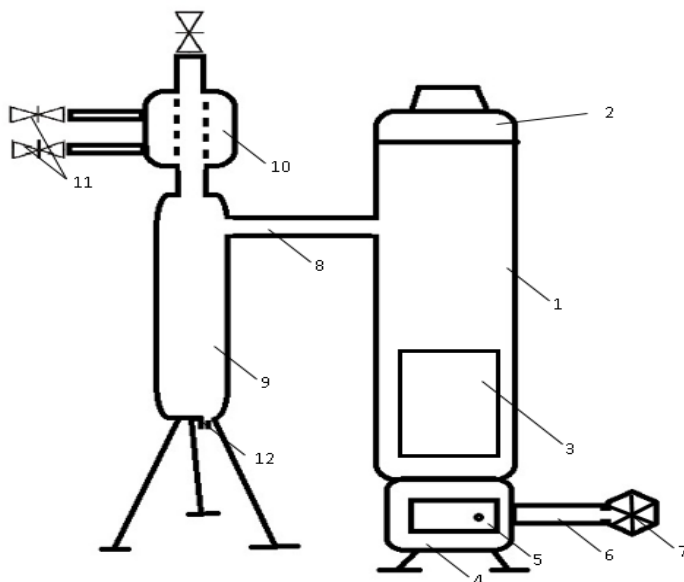


Рисунок 1 – Устройство пиролизного котла

Устройство пиролизного котла поясняется рисунком 1. Предлагаемое устройство работает следующим образом: загруженное топливо (деревянные чурки) тлеют при недостатке кислорода в реакторе. Выделяемый горячий газ нагревает стенки реактора, на которых закреплены элементы Пельтье в металлическом ящике и вырабатывают электричество, далее горячий газ поступает по отводной трубе из реактора в фильтр первичной очистки и поступает в охладитель, нагревая воду охладителя, который подсоединен к водяному отоплению помещения.

Нами были проведены эксперименты с загрузкой древесных чурок по 1 кг из осины, сосны и груши. По результатам эксперимента мы сделали вывод: наибольшее количество газа образуется при пиролизе из древесных чурок груши, наихудший результат показала осина, которая выделяла большой процент образования негорючего угарного газа.

Проведенный эксперимент позволил нам сделать следующие выводы: бытовой пиролизный котел позволяет получать четыре продукта: газ, электричество, тепло и древесный уголь. Сырые дрова плохо горят и сильно дымят, потому что от нагрева выделяется водяной пар и сажа. Влага сильно замедляет термическое разложение вещества.

Чем больше будет размер взятых для пиролиза кусков древесины, тем крупнее получится твердый остаток (древесный уголь). При пиролизе топливо практически полностью идет в дело, в результате чего улучшается экологическая обстановка, т. к. в окружающую среду попадает минимальное количество газов и продуктов горения, вырабатывается уголь.

Перспективы дальнейшей работы: совместно с УП «Брестоблгаз» продолжить эксперименты с пиролизным котлом и создать промышленный образец.

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара, Брест, БрГТУ, 16 апреля 2024 года / под ред. В. Г. Новосельцева, П. В. Северянина – Брест: УП «Брестоблгаз», 2024. – 200 с.

Редактор: В. Г. Новосельцев.

Технический редактор: П. В. Северянин.

Компьютерная верстка: П. В. Северянин

Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Тираж 100 экз.