

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 2023

УДК 620.9

ББК 72.33

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара. Брест, БрГТУ, 21 апреля 2023 года / Под ред. В. Г. Новосельцева, П. Ф. Янчилина, П. В. Северянина – Брест : УП «Брестоблгаз», 2023. – 120 с.

В настоящем сборнике публикуются материалы международного научного семинара на тему «Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях», который состоялся в Брестском государственном техническом университете 21 апреля 2023 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

Боровенко В. В.	
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ УП «БРЕСТОБЛГАЗ»	5
Новосельцев В. Г., Новосельцева Д. В., Лукша В. В.	
АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА ПРИ УМЕНЬШЕННЫХ ДИАМЕТРАХ ТРУБОПРОВОДОВ	8
Савчук Т. П.	
ВЕХИ ИСТОРИИ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	13
Галимова Н. П.	
ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ БЕЛОРУССКИХ ЭНЕРГЕТИКОВ НА РУБЕЖЕ XX–XXI вв.	16
Чернюк В. П., Шляхова Е. И.	
ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТРАМБОВОК ДЛЯ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В ВЫТРАМБОВАННЫХ КОТЛОВАНАХ	19
Разаков М. А.	
ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ТОРГОВЫХ ЗАЛАХ	23
Борисов Б. Н., Стариков А. Н.	
КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ И РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ	25
Джумаев А. Я.	
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СТАБИЛЬНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	28
Назаров С. Г., Рахимов М. Р., Якубов М. С.	
О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛИЦЕ	34
Веремейчик А. И., Парфиевич А. Н., Томашев И. Г., Сазонов М. И., Хвисевич В. М.	
РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КИСЛОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ	38
Клюева Е. В., Сальникова С. Р., Янчилин П. Ф.	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ	44

ПУБЛИКАЦИИ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

Янчилина И. В.	
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОДНОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА	49
Лущик В. О.	
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ КОТЕЛЬНЫХ	51
Оразов И. К., Атаева Г. К.	
ОПИСАНИЕ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ НА ОСНОВЕ НАУЧНЫХ РАБОТ	55
Вашкилевич А. Э.	
ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА В МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ	58
Чернявская Н. В.	
ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ, РАБОТАЮЩИХ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА	60
Свистун К. А.	
АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОПТИМИЗАЦИИ АБРАЗИВНОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО БРУСКА С АЛМАЗАМИ	62

Брень В. А., Лузянин П. С.	
АНАЛИЗ ТЕПЛОТДАЧИ ГРУНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ.....	66
Берестень А. М., Клабук Д. М.	
ПАРАМЕТРЫ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПОКВАРТИРНЫХ СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОДКЛЮЧЕНИЯ	70
Брень В. А., Литвинюк Д. Н., Лузянин П. С.	
ЛЕГИОНЕЛЛЁЗ В СВО, ГВС И СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	72
Рязанова К. А., Сафонова А. А.	
ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	75
Брень В. А., Лузянин П. С.	
МЕСТНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	78
Черноиван В. Н., Черноиван Н. В., Хрыскова С. А., Быба А. О.	
МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЧЕРЕЗ ОКОННЫЕ ПРОЕМЫ.....	81
Игнатюк Т. В., Орлик Е. О.	
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ РОБОТА-КАМЕНЩИКА	83
Коляда В. Э., Званько У. А.	
ТОРФЯНЫЕ ГРАНУЛЫ КАК ИСТОЧНИК ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ.....	85
Морозова А. И., Игнатюк Т. В., Лешко Г. В.	
ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА JAPAN WOOD TECHNOLOGY	89
Кривецкий Н. С., Силюк Я. А.	
АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА БЫТОВЫХ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЙ В АУДИТОРИЯХ УНИВЕРСИТЕТА.....	91
Максимчук Е. И., Кирикович Н. Ю.	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА БАССЕЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ	93
Харченко В. Д.	
РАБОТА С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ СЕМЕЙСТВАМИ В AUTODESK REVIT.....	98
Брень В. А., Лузянин П. С.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМЕРЫ ОРОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ КИНОТЕТРА.....	100
Харченко В. Д.	
КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В AUTODESK REVIT ..	103
Кирикович Н. Ю.	
СХЕМА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЭСНЕНИЕМ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ И ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОДЫ	105
Брень В. А., Литвинюк Д. Н.	
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ первой РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	107
Серик Д. В., Новик З. М.	
РЕКОНСТРУКЦИЯ СТАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА МЕТОДОМ САНАЦИИ	111
Максимчук Е. И.	
СХЕМА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ И ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОДЫ	115
Охримук Арина, Вечканов Богдан, Агеев А.М.	
МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ МЕТАНА ИЗ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ.....	117



Боровенко В. В.

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ
УП «БРЕСТОБЛГАЗ»**

Унитарное предприятие "Брестоблгаз", заместитель генерального директора.

Значение работы в области энергосбережения из года в год возрастает. В УП «Брестоблгаз» данному направлению работы уделяется особое внимание – ежегодно на предприятии и в его структурных подразделениях внедряются новые технологии, позволяющие значительно повысить энергоэффективность, проводятся мероприятия, направленные на замену и модернизацию оборудования.

Показатель по энергосбережению за 2022 год в целом по предприятию выполнен в размере $-4,0\%$ при плане $-3,3\%$. Экономия топливно-энергетических ресурсов составила 365,2 т у. т. при плане 300 т у. т.; потреблено 4016,8 т у. т. местных видов топлива, что составило 46,6 % в общем балансе потребления котельно-печного топлива при задании 38 %. Доля потребления возобновляемых источников энергии в балансе котельно-печного составила 0,7 % при задании 0,6 %. В первом квартале 2023 года показатель по энергосбережению по предприятию также выполнен ($-4,8\%$ при плане $-3,2\%$). Экономия топливно-энергетических ресурсов по предприятию составила 149,9 т у.т. при плане 100 т у.т.; потреблено 1080,1 т у.т. местных видов топлива, что составило 38,6 % в общем балансе потребления котельно-печного топлива при задании 19 %. Доля потребления возобновляемых источников энергии в балансе котельно-печного составила 0,9 % при задании 0,4 %.

В целях энергосбережения на предприятии постоянно проводится работа по замене котлов на энергоэффективные при реконструкции ГРП, замене ГРП на ШРП, замене станций катодной защиты на менее мощные, замене анодных заземлителей из стальных рельс на полимерные анодные заземлители при защите подземных газопроводов от коррозии, по реконструкции административных зданий и производственных баз газовых служб в районах, по внедрению энергоэкономичных осветительных приборов.

По итогам республиканского конкурса в сфере энергоэффективности, ресурсосбережения и экологичности «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь-2022» предприятие награждено тремя дипломами. УП «Брестоблгаз» представило на конкурс разработки одного из своих филиалов – производственного управления «Кобрингаз». Дипломами победителя второй степени отмечены продукты «Внедрение вентиляционной установки с утилизаторами тепла и мультizonальной VRF-системой кондиционирования (номинация «Энергоэффективные системы

отопления, вентиляции и кондиционирования») и «Система оборотного водоснабжения автомойки ПУ «Кобрингаз» (номинация «Лучшие «зеленые» технологии и продукты»). Диплом третьей степени УП «Брестоблгаз» получен за «Реконструкцию котельной с использованием новейших инновационных и энергоэффективных технологий» (номинация «Энергоэффективные здания и сооружения, введенные в эксплуатацию»).

Технология «Система оборотного водоснабжения автомойки ПУ «Кобрингаз» была смонтирована при строительстве новой автомойки в ходе реконструкции базы ПУ «Кобрингаз». Суть внедренной технологии в том, что сточные воды после мойки автомобилей направляются в канал и самотеком отводятся в запроектированный отстойник для предварительной очистки. Затем из отстойника вода подается дренажным насосом в систему очистки и рециркуляции, где вода очищается и хранится для дальнейшего использования в накопительной емкости. После этого автоматический насос подает ее в аппарат высокого давления, и процесс повторяется.

Установка работает в автоматическом режиме и предназначена для очистки сточных вод от ручных автомобильных моек и моечных аппаратов высокого давления. Использование данной системы позволяет экономить до 75 процентов воды за счет ее очистки и повторного применения, а годовая экономия по объекту составляет 290 м³. Более того, новая технология способствует удалению неприятных запахов, вызванных наличием бактерий в воде.

Очищенную воду рекомендуется использовать при предварительном и основном циклах мойки с последующим с последующим ополаскиванием автомобиля чистой водой.

Применяемое оборудование: Арос 1Lite, Q = 1000 л/ч; N = 2 кВт; производитель: компания Аква Техно (Россия). Установка состоит из металлической рамы, окрашенной порошковой краской, фильтровальной песчано-гравийной колонны, картриджного фильтра тонкой очистки воды, накопительной 100-литровой емкости для чистой воды, насоса повышения давления, дренажного насоса и щита управления.

Технология «Внедрение вентиляционной установки с утилизаторами тепла и мультizonальной VRF-системой кондиционирования» была внедрена при реконструкции здания АБК ПУ «Кобрингаз». До реконструкции здание было оснащено отдельными кондиционерами (сплит-система), которые работали только на часть помещений здания. Новая мультizonальная VRF-система обеспечивает комфортные условия по всему зданию, позволяя задавать различные режимы работы по каждому помещению. VRF-система, помимо энергоэффективности, имеет ряд дополнительных преимуществ: имеет более эффективную систему управления; может устанавливаться в уже готовом здании и затем расширяться за счет модульной конструкции; требует меньшую, чем сплит-системы площадь под наружные блоки; экономичнее в обслуживании, наружные блоки не портят внешний вид здания. За счет широкого диапазона регулирования мощности компрессора снижается не только энергопотребление системы в целом, но также и шумовые характеристики.

Применение в системе вентиляции утилизаторов тепла (рекуператоров) общей мощностью 44 кВт позволяют нагревать свежий, поступающий с улицы воздух за счет отвода теплоты от загрязненного, удаляемого из помещений воздуха. Теплоутилизаторы позволяют вернуть в систему около половины тепла, уносимого вытяжным воздухом.

Экономический эффект от внедрения теплоутилизаторов в системах механической приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования воздуха в первую очередь достигается в результате уменьшения расхода тепловой энергии на

нагрев приточного воздуха в калориферах. Количество сэкономленной тепловой энергии, полезно возвращаемой теплоутилизатором, складывается из потока явной теплоты, обусловленной температурой удаляемого воздуха, и потока скрытой теплоты, выделяющейся в пределах поверхности теплоутилизатора при конденсации, содержащейся в удаляемом воздухе влаги.

При реализации данного проекта используются вентустановки VVS020S-R-FPVHS ЗАО «VTS Vilnius» с энергоэффективным вентилятором производительностью 1690 м³/ч, с водяным нагревателем мощностью 24,4 кВт и рекуператорами мощностью 13,2 кВт; 21,9 кВт; 9,3 кВт. В случае необходимости нагреватель может быть электрическим любой необходимой мощности. Все приточные установки VTS имеют возможность комбинировать и менять составные элементы, что делает их универсальными и уникальными одновременно. В одном корпусе может быть установлены различного рода комбинации элементов различной производительности. Годовая экономия энергоресурсов по объекту составила 78,2 Гкал.

В связи с окончанием нормативного срока эксплуатации оборудования котельной, встроенной в здание АБК ПУ «Кобрингаз» было предусмотрено строительство новой котельной на территории базы. Проектом было предусмотрено применение конденсационных котлов, энергоэффективных насосов с частотным регулированием, погодозависимой автоматики регулирования температуры теплоносителя. При замене котлов на конденсационные котлы экономический эффект достигнут за счет снижения потребления топлива при более эффективном процессе его сжигания за счет использования конденсата, содержащегося в паре дымовых газов. Экономия за счет применения погодозависимой программируемой автоматики управления достигается за счет поддержания комфортной температуры воздуха в помещениях путем соблюдения заданного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха; ликвидации весенне-осенних перетопов зданий; автоматического снижения потребления тепловой энергии системой отопления здания в нерабочее время, в выходные и праздничные дни; поддержания требуемой температуры горячей воды в системе ГВС; автоматического снижения температуры горячей воды в ночное время, в выходные и праздничные дни, вплоть до полной остановки системы ГВС; поддержания комфортной температуры воздуха в помещениях путем автоматического изменения расхода теплоносителя, поступающего на калорифер вентиляционной установки; автоматического включения вентиляционной установки в рабочее время и отключение в нерабочее время, в выходные и праздничные дни; ограничения температуры теплоносителя, возвращаемого в тепловую сеть. Применение энергоэффективных насосов (Wilo Stratos с функцией адаптации к сети) позволяет экономить электроэнергию за счет оптимизации мощности на валу насоса и адаптации установки под конкретные параметры сети.

Газовые напольные конденсационные котлы De Dietrich C 330-280 Eco оборудованы модулирующей горелкой полного предварительного смешения, полностью смонтированы и протестированы на заводе. Газовая горелка цилиндрической формы с модуляцией мощности от 20 до 100 % позволяет добиться очень низких выбросов загрязняющих веществ в атмосферу: NO_x < 60 мг/кВт·ч, CO < 20 мг/кВт·ч. Годовая экономия энергоресурсов по объекту составила 18,9 т. у. т.

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

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА ПРИ УМЕНЬШЕННЫХ ДИАМЕТРАХ ТРУБОПРОВОДОВ

Брестский государственный технический университет, Новосельцев В. Г., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, Новосельцева Д. В., доцент кафедры природообустройства, Лукша В. В., доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

При проектировании систем водяного отопления необходимо избежать необоснованного использования лишнего оборудования, превышения диаметров сверх необходимых значений и т. д. В реальности встречаются отклонения от проекта при монтаже, которые приводят к необходимости пересмотра параметров работоспособности системы. Одним из случаев является замена трубопроводов одного диаметра на другой. Рассмотрение перспектив работы такой системы отопления на примере является целью данной работы.

Для примера рассмотрена система водяного отопления в жилом 11-этажном доме в г. Бресте (Беларусь) 2019 года постройки. В доме запроектирована поквартирная двухтрубная горизонтальная система водяного отопления с установкой счетчиков учета теплоты для каждой квартиры. При монтаже системы отопления поквартирные ветви системы отопления были смонтированы полиэтиленовыми трубопроводами диаметром $18 \times 2,5$ мм и 14×2 мм вместо проектных $25 \times 3,5$ мм и 16×2 мм.

Схема системы поквартирного отопления представляет собой пару подающих и обратных вертикальных стояков (для каждой из 2-х секций здания), к которым поэтажно подключаются циркуляционные кольца отдельных квартир. Системы отопления квартир присоединяются через распределительные коллекторы, расположенные на каждом этаже в распределительных шкафах.

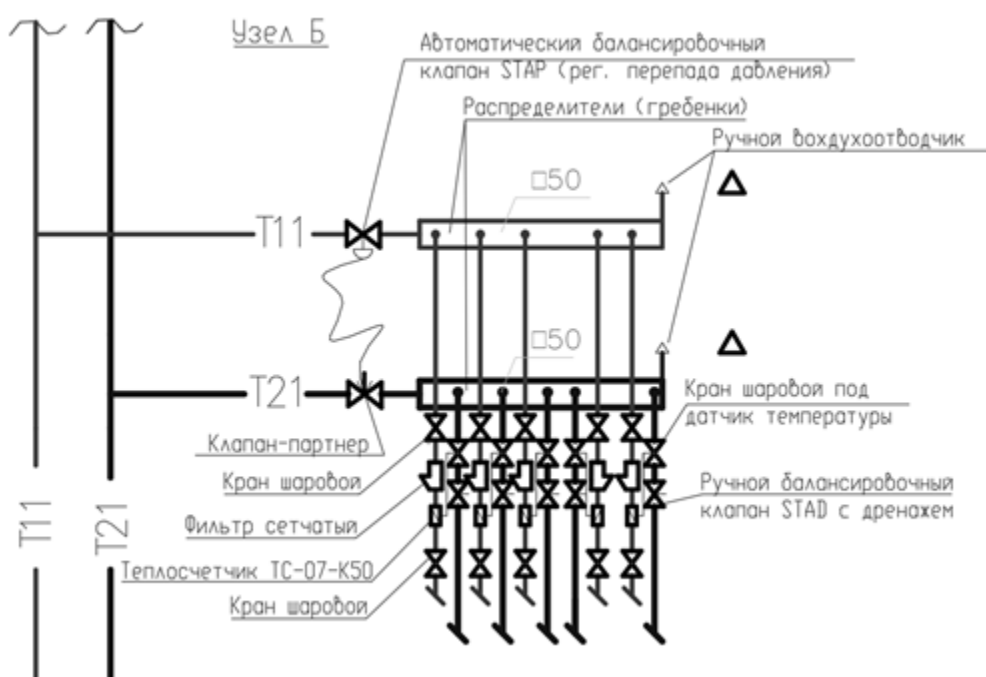


Рисунок 1 – Узел подключения поквартирных систем отопления для одной из секций

Система теплоснабжения распределительных коллекторов выполняется из стальных труб, система отопления от распределительных коллекторов – из полиэтиленовых труб с антидиффузионной защитой, проложенных скрыто в конструкции пола в защитной гофрированной трубе типа «пешель». На вводе каждого из распределителей установлен автоматический регулятор перепада давления в паре с клапаном-партнером для подсоединения капиллярной трубки. От распределителя на ответвлениях к каждой квартире устанавливается ручной балансировочный клапан, фильтр, теплосчетчик ультразвуковой и запорная арматура. В качестве нагревательных приборов применены стальные панельные радиаторы марки «Лидея компакт». Для регулирования теплоотдачи отопительных приборов используются термостатические клапаны с предварительной настройкой. На обратной подводке к радиаторам установлены запорно-регулирующие клапаны.

Методика выполнения исследований.

Для анализа перспектив функционирования смонтированной системы отопления выполнены расчеты гидравлических сопротивлений в системе при максимальных расходах теплоносителя, а также соотношение их с параметрами установленного в индивидуальном тепловом пункте насосного оборудования. [3]

Определяем расходы воды на участках по формуле

$$G = \frac{0,86 \cdot Q_{\text{уч}}}{(t_r - t_o)}, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{уч}}$ – тепловая нагрузка на расчетном участке, Вт;

t_r – расчетная температура воды на входе в систему отопления (по проектным данным 90°C);

t_o – расчетная температура обратной воды на выходе из системы отопления (по проектным данным 70°C).

По расходам воды на участках по таблицам для гидравлического расчета (данные производителей трубопроводов) определяем для принятых диаметров величину удельных потерь давления $R_{\text{уд}}$, Па/м и скорость движения воды V , м/с. Оптимальная расчетная скорость движения воды для полимерных трубопроводов должна определяться по рекомендациям изготовителей трубопроводов, в большинстве случаев скорость составляет до $0,5...0,7$ м/с для полимерных труб, удельная потеря давления на трение $R_{\text{уд}}$ в среднем $100...250$ Па/м. Например, по рекомендациям известного производителя полимерных трубопроводов фирмы KAN-therm, за скорость в металлополимерных и полиэтиленовых трубопроводах, проходящих в конструкции пола, следует принимать значения, соответствующие экономичным гидравлическим сопротивлениям $R_{\text{уд}} = 150 - 250$ Па/м:

$\text{Ø}14 \times 2$	$V = 0,3 \div 0,4$ м/с
$\text{Ø}16 \times 2$	$V = 0,35 \div 0,45$ м/с
$\text{Ø}18 \times 2,5$	$V = 0,4 \div 0,5$ м/с
$\text{Ø}20 \times 2,8$	$V = 0,45 \div 0,6$ м/с
$\text{Ø}25 \times 3,5$	$V = 0,5 \div 0,6$ м/с

Определяем потери давления на трение на участках. Потери давления на балансировочных клапанах определяем по номограммам изготовителя или при известном значении пропускной способности элемента k_v по формуле

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

где G – расход воды на участке, кг/ч;

k_v – пропускная способность (по каталогу изготовителя), м³/ч.

Все k_v приняты по данным производителей оборудования, марки которого взяты из проектных данных.

В главное циркуляционное кольцо рассматриваемой системы отопления входят потери в термостатическом клапане, ультразвуковом теплосчетчике, ручном балансировочном клапане, автоматическом балансировочном клапане и клапане-партнере. Местные сопротивления, сопротивления отопительного прибора, сопротивления остальных элементов в поквартирном узле и запорно-регулирующего клапана у радиатора учитываем в виде 20 % добавки к основным сопротивлениям. [4]

Расчет для секции здания в осях 1–12.

В качестве главного циркуляционного кольца принят отопительный прибор квартиры верхнего этажа с самой большой протяженностью трубопроводов – комната в осях А-Б, ось 1.

Расчетные тепловые потери комнаты – 1365 Вт, всех помещений квартиры – 5015 Вт. Настройка термостатического клапана рассматриваемого отопительного прибора – 5, марка клапана RA-N, диаметр 15мм. Настройка ручного балансировочного клапана квартиры – 1,4, марка клапана STAD, диаметр 20 мм. Настройка клапана-партнера в поквартирном узле – 3, марка клапана STAD, диаметр 20 мм. Марка автоматического балансировочного клапана STAP, диаметр 20 мм. Марка теплосчетчика ТС-07 к 50, диаметр 15 мм.

Результаты расчетов:

А. в соответствии с проектом

Сопротивление главного циркуляционного кольца:

1. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 16мм, длина 19,4 м (подача и обратка), расход теплоносителя 59 кг/ч – удельные потери давления $R_{уд} = 36$ Па/м, скорость движения воды – 0,15 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 0,84 кПа.

2. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 25 мм, длина 36 м (подача и обратка), расход теплоносителя 215 кг/ч – удельные потери давления $R_{уд} = 47$ Па/м, скорость движения воды – 0,24 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 2,03 кПа.

3. Сопротивление термостатического клапана – 2,7 кПа.

4. Сопротивление ручного балансировочного клапана – 4,2 кПа.

5. Сопротивление теплосчетчика – 3,2 кПа.

6. Сопротивление ручного балансировочного клапана (клапана-партнера) и автоматического балансировочного клапана – 16,1 кПа.

7. Сопротивления в магистральных стояках – 4,26 кПа (подача и обратка).

8. Сопротивление теплообменника 20 кПа (проектные данные) и дополнительного оборудования теплового пункта (грязевик, 3 шаровых крана, обратный клапан) – до 5 кПа.

Суммарные сопротивления – 58,33 кПа.

Б. фактические диаметры трубопроводов

Сопротивление главного циркуляционного кольца:

1. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 14 мм, длина 19,4 м (подача и обратка), расход теплоносителя 59 кг/ч – удельные потери давления $R_{уд} = 85$ Па/м, скорость движения воды – 0,22 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 1,98кПа.

2. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 18 мм, длина 36 м (подача и обратка), расход теплоносителя 215 кг/ч – удельные потери давления $R_{уд} = 225$ Па/м, скорость движения воды – 0,47 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 9,72 кПа.

3. Сопротивление термостатического клапана – 2,7 кПа.

4. Сопротивление ручного балансировочного клапана – 4,2 кПа.

5. Сопротивление теплосчетчика – 3,2 кПа.

6. Сопротивление ручного балансировочного клапана (клапана-партнера) и автоматического балансировочного клапана – 16,1 кПа.

7. Сопротивления в магистральных стояках – 4,26 кПа (подача и обратка).

8. Сопротивление теплообменника 20 кПа (проектные данные) и дополнительного оборудования теплового пункта (грязевик, 3 шаровых крана, обратный клапан) – до 5 кПа.

Суммарные сопротивления – 67,16 кПа.

Расчет для секции здания в осях 12–20.

В качестве примера выполнен расчет для квартиры в осях 12–15 на верхнем этаже, кольцо принято через отопительный прибор комнаты в осях А–Б, ось 12.

Расчетные тепловые потери комнаты – 1115 Вт, всех помещений квартиры – 4470 Вт. Настройка термостатического клапана рассматриваемого отопительного прибора – 4, марка клапана RA–N, диаметр 15 мм. Настройка ручного балансировочного клапана квартиры – 1,1, марка клапана STAD, диаметр 20 мм. Настройка клапана-партнера в поквартирном узле – 3,4, марка клапана STAD, диаметр 20 мм. Марка автоматического балансировочного клапана STAP, диаметр 20 мм. Марка теплосчетчика ТС-07 к 50, диаметр 15 мм.

Результаты расчетов:

А. в соответствии с проектом

Сопротивление циркуляционного кольца:

1. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 16 мм, длина 17,4 м (подача и обратка), расход теплоносителя 49 кг/ч - удельные потери давления $R_{уд} = 26$ Па/м, скорость движения воды – 0,12 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 0,54 кПа.

2. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 25 мм, длина 19 м (подача и обратка), расход теплоносителя 192 кг/ч - удельные потери давления $R_{уд} = 39$ Па/м, скорость движения воды – 0,21 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 0,89 кПа.

3. Сопротивление термостатического клапана – 1,9 кПа.

4. Сопротивление ручного балансировочного клапана – 5,76 кПа.

5. Сопротивление теплосчетчика – 3,2 кПа.

6. Сопротивление ручного балансировочного клапана (клапана-партнера) и автоматического балансировочного клапана – 13,1 кПа.

7. Сопротивления в магистральных стояках – 4,2 кПа (подача и обратка).

8. Сопротивление теплообменника 20 кПа (проектные данные) и дополнительного оборудования теплового пункта (грязевик, 3 шаровых крана, обратный клапан) – до 5 кПа.

Суммарные сопротивления – 51,39 кПа.

Б. фактические диаметры трубопроводов

Сопротивление циркуляционного кольца:

1. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 16 мм, длина 17,4 м (подача и обратка), расход теплоносителя 49 кг/ч – удельные потери давления $R_{уд} = 60$ Па/м, скорость движения воды – 0,21 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 1,25 кПа.

2. Трубопровод полиэтиленовый диаметром 25 мм, длина 19 м (подача и обратка), расход теплоносителя 192 кг/ч – удельные потери давления $R_{уд} = 186$ Па/м, скорость движения воды – 0,41 м/с. Сопротивление с учетом местных потерь – 4,24 кПа.

3. Сопротивление термостатического клапана – 1,9 кПа.

4. Сопротивление ручного балансировочного клапана – 5,76 кПа.

5. Сопротивление теплосчетчика – 3,2 кПа.

6. Сопротивление ручного балансировочного клапана (клапана-партнера) и автоматического балансировочного клапана – 13,1 кПа.

7. Сопротивления в магистральных стояках – 4,2 кПа (подача и обратка).

8. Сопротивление теплообменника 20 кПа (проектные данные) и дополнительного оборудования теплового пункта (грязевик, 3 шаровых крана, обратный клапан) – до 5 кПа.

Суммарные сопротивления – 5,65 кПа.

Результаты и обсуждение. Результаты расчетов позволяют сделать следующие выводы.

Для секции здания в осях 1–12 суммарные гидравлические сопротивления в системе отопления составляют 58,33 кПа для проектных диаметров трубопроводов в квартире (16 и 25 мм) и 67,16 кПа для фактических трубопроводов (14 и 18 мм). Потери давления в остальных частях системы левой секции здания (циркуляционных кольцах) равны либо менее указанных.

Для секции здания в осях 12–20 суммарные гидравлические сопротивления в системе отопления составляют 51,39 кПа для проектных диаметров трубопроводов в квартире (16 и 25 мм) и 58,65 кПа для фактических трубопроводов (14 и 18 мм). Потери давления в остальных частях системы правой секции здания (циркуляционных кольцах) равны либо менее указанных.

Для анализа функционирования системы отопления при максимальных расходах теплоносителя, рассмотрим параметры установленного в индивидуальном тепловом пункте насосного оборудования.

В качестве циркуляционного насоса в индивидуальном тепловом пункте применен насос Wilo Stratos D 65/1–12. Максимальный расчетный расход системы отопления здания составляет 14,2 м³/ч (проектные данные). Насос Wilo Stratos D 65/1–12 обеспечит циркуляцию такого расхода (при работе одного насоса в однокоростном режиме или энергосберегающем режиме), обеспечивая напор 8,5 м, то есть при сопротивлении системы 85 кПа, что выше максимального расчетного значения 67,16 кПа. Таким образом, установленного насоса достаточно для работы системы отопления с фактическими диаметрами трубопроводов.

Также следует отметить, что фактически примененные диаметры трубопроводов в большей степени согласуются с рекомендациями производителей полимерных трубопроводов по параметрам оптимальной расчетной скорости движения воды и удельной потери давления на трение, чем проектные значения.

Заключение. При монтаже системы водяного отопления рассматриваемого дома поквартирные ветви системы отопления были смонтированы полиэтиленовыми трубопроводами диаметром 18 × 2,5 мм и 14 × 2 мм вместо проектных 25 × 3,5 мм и 16 × 2 мм. Расчеты показали, что установленного насоса достаточно для работы системы отопления с фактическими диаметрами трубопроводов.

Таким образом, фактически примененные диаметры трубопроводов не оказывают отрицательного влияния на работоспособность рассматриваемой системы отопления. Однако следует отметить, что уменьшение диаметров трубопроводов

приводит к увеличению гидравлических сопротивлений и, как следствие, уменьшению авторитетов термостатических клапанов.

Список использованных источников

1. Navaseltsau, U. Energy efficiency of multi-apartment residential houses with individual heat supply / U. Navaseltsau, D. Navaseltsava, M. Shenogin // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – № 896. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/896/1/012057>.
2. Navaseltsau, U. Energy consumption of modern residential houses of the same energy efficient classes / U. Navaseltsau, V. Khaletski, V. Melnikov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – № 896. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/896/1/012056>.
3. Пырков, В. В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика / В. В. Пырков. – 2-е изд., доп. – Киев: Такі справи 2010. – 304 с.
4. Покотилов, В.В. Метод гидравлического расчета энергоэффективных систем тепло- и холодоснабжения зданий / В.О. Китиков // Энергоэффективность 2019. – № 11. – С. 28–33.

Савчук Т. П.

ВЕХИ ИСТОРИИ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина

Энергетика Беларуси – одна из основных отраслей экономики Республики Беларусь, её важнейшая структурная составляющая. Топливо-энергетический комплекс страны обеспечивает функционирование всех её отраслей и устойчивое социально-экономическое развитие страны. Включает в себя системы добычи, транспорта, хранения, производства и распределения основных видов энергоносителей.

Большая энергетика республики начиналась с реализации плана ГОЭЛРО, ставшего первым после революции перспективным планом развития народного хозяйства советского государства. Решение грандиозной задачи электрификации всей страны дало возможность активизировать работы по восстановлению, расширению и строительству новых электростанций в республике. Если в 1913 г. мощность всех электростанций на территории Беларуси составляла всего 5,3 МВт, то к концу 1930-х гг. установленная мощность Белорусской энергосистемы уже достигла 129 МВт.

Начало стремительному становлению отрасли положил ввод в эксплуатацию первой очереди Белорусской ГРЭС мощностью 10 МВт – крупнейшей станции в довоенный период. БелГРЭС дала мощный толчок развитию электрических сетей 35 и 110 кВ. В республике сложился технологически управляемый комплекс: электростанция – электрические сети – потребители электроэнергии. Белорусская энергетическая система была создана де-факто, а 15 мая 1931 г. принято решение об организации районного управления государственных электрических станций и сетей Белорусской ССР – «Белэнерго». На протяжении многих лет Белорусская ГРЭС оставалась ведущей электростанцией республики.

Вместе с тем, в 1930-е гг. развитие энергетической отрасли идет семимильными шагами – появляются новые ТЭЦ, значительно увеличивается протяженность

высоковольтных линий, создается потенциал профессиональных кадров. Однако этот яркий рыбок вперед был перечеркнут Великой Отечественной войной. Война привела к практически полному уничтожению электроэнергетической базы республики. После освобождения Беларуси мощность ее электростанций составляла всего 3,4 МВт [3, с.20].

Война тяжело отразилась и на состоянии энергетических кадров в Беларуси. Многие рабочие и инженерно-технические работники были эвакуированы в восточные районы страны, призваны в Красную Армию, находились в партизанских отрядах, погибли в годы оккупации. После освобождения республики вплотную встала проблема скорейшего преодоления последствий войны в этой области. Восстановление энергетики являлось одной из важнейших народнохозяйственных задач. От этого зависели темпы возрождения всего народного хозяйства в целом. Уже летом 1944 г. на электростанции республики из эвакуации и партизанских отрядов стали возвращаться квалифицированные рабочие. Часть персонала для Минских электростанций № 1 и № 2 была прислана по линии Народного Комиссариата электростанций СССР. Численность рабочих постепенно увеличивалась. Если в первые месяцы после освобождения на Минской электростанции № 1 работало всего 30 человек, то в декабре 1944 г. – 121. В 1945 г. только за счет демобилизации из Красной Армии на электростанции Белорусэнерго прибыло еще 111 человек. В целом в годы четвертой пятилетки проблема обеспечения электростанций квалифицированной рабочей силой была успешно решена. К 1950 г. численность промышленно-производственного персонала на электрических станциях значительно превышала довоенный уровень, достигнув 5300 человек, 3800 из которых составляли рабочие [2, с. 91–93].

Энергетикам понадобились без преувеличения героические усилия для того, чтобы восстановить и превысить довоенный уровень установленной мощности электростанций и производства электроэнергии. В подчинении созданного в 1957 г. Управления энергетики Совнархоза БССР к этому времени находились уже 16 электростанций, высоковольтные воздушные сети с областными участками, специализированное предприятие «Белорусэнергоремонт» и «Энергосбыт». В последующие десятилетия отрасль продолжала развиваться, ее структура совершенствовалась, создавались новые энергетические предприятия. Так, в сентябре 1962 г. была введена в эксплуатацию первая на Гродненщине подстанция 220/110/35 кВ «Россь» мощностью 60 МВА, что дало возможность через ВЛ 220 кВ на Березовскую ГРЭС подключить электросети Гродненской области к Белорусской энергосистеме и положить начало интенсивному развитию в области сетей напряжением 110 кВ. От ПС «Россь» практически одновременно с ее вводом были запитаны ВЛ 110 кВ на Мосты и ВЛ 35 кВ на Цемзавод № 1. По линии 110 кВ (с декабря 1963 г. 220 кВ) Россь–Бобровники Гродненская энергосистема через ПС 220/110 кВ «Белосток» соединилась с энергосистемой Польши и ПС «Россь» приобрела международное значение [1].

С 1992 г. в связи с остановкой ряда промышленных предприятий и сокращением производства в республике началось снижение потребления как электрической, так и тепловой энергии, которое продолжалось вплоть до 1995 г., когда потребление электроэнергии составило 65,3 % от уровня 1991 г. С началом подъема экономики в 1996 г. стало постепенно увеличиваться потребление энергии. Проведение организационно-технических энергосберегающих мероприятий на всех стадиях производства, транспортировки и потребления энергоносителей, а также принятие правительством жестких мер по реализации энергосберегающей политики позволили обеспечить увеличение ВВП практически без суммарного прироста потребления

топливно-энергетических ресурсов, а также сдержать темпы роста энергопотребления. В результате в 2008 г. в республике было потреблено 36,8 млрд кВт·ч электроэнергии, или 74,9 % от уровня 1991 г. (49,1 млрд кВт·ч). Несмотря на ограниченность финансовых средств, в 2001–2005 гг. энергетики продолжали активно работать над повышением эффективности энергоисточников.

Устанавливались генерирующие мощности на действующих котельных с превращением их в мини-ТЭЦ, проводилась реконструкция устаревшего оборудования. Были введены в эксплуатацию мини-ТЭЦ в Пинске (3,0 МВт), Гродно (3,5 МВт), Витебске (3,5 МВт), Молодечно (3,5 МВт), Солигорске (2,5 МВт). Высокий профессионализм специалистов по проектированию, строительству, монтажу, наладке, ремонту и эксплуатации энергетических объектов республики, значительный опыт, накопленный белорусскими энергетиками за предыдущие годы, позволяли успешно решать задачи по развитию и реконструкции оборудования подстанций, электростанций, котельных, систем тепло- и электроснабжения [3, с. 21].

В течение первой пятилетки нового тысячелетия в Беларуси были воплощены в жизнь грандиозные планы технического переоснащения отрасли. Среди реализованных в тот период проектов – реконструкция блоков ст. № 3, 4 Березовской ГРЭС с надстройкой их газовыми турбинами мощностью по 25 МВт, а также реконструкция паровой турбины блока ст. № 3 Лукомльской ГРЭС с увеличением ее мощности на 7,5 МВт. Кроме того, была проведена реконструкция Витебской ТЭЦ, Пинской ТЭЦ, Полоцкой ТЭЦ, Бобруйской ТЭЦ-1, Могилевской ТЭЦ-1, Гомельской ТЭЦ-1, Лидской ТЭЦ с заменой отработавших ресурс турбоагрегатов; реконструировано 14 подстанций (ПС) 35-110 кВ с установкой дополнительных трансформаторов, современного оборудования и устройств РЗА; построена высоковольтная линия электропередачи (ВЛ) 330 кВ Барановичи – Россь – Гродно с модернизацией ПС 330 кВ в Барановичах и Гродно, введен в работу шунтирующий реактор на ПС 330 «Барановичи»; начался экспорт электроэнергии в Польшу, для чего выполнена модернизация блока ст. № 5 Березовской ГРЭС и построена ВЛ 110 кВ Брест-2 – Вулька-Добрыньска. За этот пятилетний период потребление электроэнергии в республике возросло с 30,71 до 32,79 млрд кВт·ч, а инвестиции в основной капитал белорусской энергосистемы составили более 1 млрд \$. [2, с. 21].

Важным фактором, который кардинально изменил электроэнергетический баланс нашей страны, является ввод в эксплуатацию БелАЭС. Благодаря этому событию Беларусь превратилась в страну, располагающую избытком электроэнергии. Разрабатываются новые технологии, которые позволят расширить сферу применения атомной энергии в декарбонизированном энергетическом балансе будущего.

Список использованных источников:

1. К 50-летию ПС «Россь»: гордость электросетевой энергетики Гродненщины // Гродненское унитарное республиканское предприятие электроэнергетики «Гродноэнерго» [Электронный ресурс]. – 2010–2020. – Режим доступа: <http://www.energo.grodno.by/content/%D0%BA-50-%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%8E>. – Дата доступа: 12.03.2023.
2. Литвиновский И. А. Кадровая политика Белорусской энергосистемы в 1945–1975 гг. / И.А. Литвиновский // Працы гістарычнага факультэта БДУ : навук. зб. Вып. 5 / рэдкал.: У. К. Коршук (адк. рэд.) [і інш.]. — Мінск : БДУ, 2010. — С. 91–102.
3. Становление энергетики Беларуси. Путь длиною в жизнь // Энергетическая Стратегия. – 2011. – № 2. – С. 20–29.

Галимова Н. П.

ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ БЕЛОРУССКИХ ЭНЕРГЕТИКОВ НА РУБЕЖЕ XX–XXI вв.

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина

На рубеже XX–XXI вв. Республика Беларусь оказалась в новых геополитических условиях, ее западная граница могла стать новой линией раздела Европы. В Европе быстрыми темпами происходили объединительные процессы, а Республика Беларусь стала перед проблемой выбора. В стране реализовывалась «белорусская модель» развития, которая вносила стабильность в жизнь общества, однако не давала ответ на вопрос об окончательной цели экономических реформ и демократизации. Несмотря на выверенный внешнеполитический курс белорусского руководства, внутренняя и внешняя политика нашего государства была достаточно противоречивой. Белорусское государство было заинтересовано в расширении сотрудничества со всеми странами, укреплении политики добрососедства с пограничными государствами [5, с. 3]. В экономической сфере Республика Беларусь сотрудничала с большинством стран мира. Участие нашей Республики в международных экономических и финансовых структурах было подчинено обороне интересов отечественных предприятий, установлению справедливых условий международного сотрудничества [5, с. 120].

На первом этапе независимости внешнеэкономической деятельности основным направлением в работе стала организация самостоятельного снабжения топливом, оборудованием, запасными частями и материалами предприятий отрасли. Энергетические предприятия устанавливали прямые хозяйственные связи с предприятиями ближнего и дальнего зарубежья для постановки необходимого сырья. Одновременно налаживались внешнеэкономические связи для выхода энергосистемы на международную арену. Специалисты белорусской энергосистемы приняли активное участие в создании электроэнергетического совета СНГ, первое заседание совета состоялось в феврале 1992 г. в Минске. В 1992 г. Республика Беларусь вступила в члены Мирового энергетического совета, наиболее авторитетной Международной организации в сфере электроэнергетики. В дальнейшем концерн «Белэнерго» стал членом целого ряда других международных объединений. Большая работа была проведена по подготовке и подписанию белорусскими энергетиками Европейской энергетической хартии и договора к ней в 1996 г. В короткие сроки с участием Европейского банка реконструкции и развития было выполнено обоснование проекта, 16 декабря 1993 г. подписано кредитное соглашение с Европейским банком, проведены тендерные торги, 5 мая 1996 г. подписан контракт с французской фирмой JES ALSTHOM на поставку оборудования для Оршанской ТЭЦ. 20 декабря 1997 г. был произведен пробный пуск газовой турбины [1]. Введенная в эксплуатацию установка явилась прообразом будущей реконструкции электростанций белорусской энергетической системы.

В конце 90-х гг. остро стоял вопрос расширения экспорта электроэнергии через западную границу страны, как собственного производства, так и транзитной. Однако, транзитная инфраструктура энергосистемы, особенно ее западной части, была развита недостаточно. Более тридцати лет Польша уже получала электроэнергию из Беларуси по ВЛ 220 кВ Россь – Белосток в «островном» режиме. В конце 60-х гг. в рамках СЭВ намечалось строительство ВЛ 220 кВ Брест-1 – Седльце (Польша), однако проект не был реализован. Снижение потребления электроэнергии Республикой Беларусь в 90-е гг. и получение дешевой электроэнергии из России и Литвы практически вытеснило

Березовскую ГРЭС с высокими удельными расходами топлива с рынка электроэнергетики. Необходимость загрузить ГРЭС и улучшить финансово-экономическое положение энергосистемы заставило сотрудничать и искать рынки сбыта электроэнергии ГРЭС на Западе. Первым этапом такого сотрудничества с Польшей стала реализация проекта электропередачи 220–110 кВ Березовская ГРЭС – Брест 3 – Вулька Добрыньска (Польша) с передачей в Люблинскую энергосистему порядка 120 МВт электрической мощности от выделенных двух энергоблоков (один резервный) для параллельной работы с Польской энергосистемой [2]. На более длительную перспективу (2010–2015 гг.) с участием РАО «ЕЭС России», концерн «Белэнерго», Польских электросетей и немецких фирм ведутся расчеты и проекты проработки строительства энергомоста «Восток – Запад» постоянного тока 500 кВ пропускной способностью порядка 4000 МВт от Смоленской АЭС в Германию с отборами мощности в районе Минска, Варшавы и Берлина. Этот энергомост объединит российскую, белорусскую, польскую и немецкую энергосистемы. Экспорт электроэнергии осуществлялся также РУП «Гомельэнерго». Гомельские энергетики постоянно осуществляли отпуск электроэнергии Брянской энергосистеме России по четырем ВЛ 110 кВ и Черниговской энергосистеме Украины по одной ВЛ 110 кВ. Еще в 1963 г. была введена в эксплуатацию воздушная линия 220 кВ Россь – Белосток, по которой поступала электроэнергия для Республики Польша и транзитом для ГДР. В 1993 г. была построена линия 400 кВ Варшава – Нарев (район Белостока).

Важнейшим направлением внешнеэкономической деятельности являлось углубление сотрудничества с электроэнергетическим сектором Российской Федерации. 22 ноября 1999 г. между правительством Российской Федерации и Республикой Беларусь было подписано Соглашение о создании объединенной электроэнергетической системы России и Беларуси. В дальнейшем последовательно предпринимались шаги по объединению энергетических систем обеих стран, были созданы совместные рабочие группы специалистов по выработке необходимых документов по созданию объединенных электроэнергетической системы и общего оптового рынка электрической энергии.

Республика Беларусь не имела крупных заводов по производству оборудования для электроэнергетики и поэтому большую часть оборудования белорусские энергетики закупали в Российской Федерации. Активно в этом направлении работало РУП «Могилевэнерго». Ленинградским металлическим заводом (Санкт-Петербург) была изготовлена для Могилевской ТЭЦ-2 турбина ПТ–65–130/22. Калужский турбинный завод поставил для Могилевской ТЭЦ-1 турбину Р–6–35/5 м, генератор Т6-2 изготовил ОАО «Лысьвенский завод». Теплотехническое оборудование и запчасти к нему поставлялись со следующих основных заводов: ЛМЗ (Санкт-Петербург) и Калужского турбинного завода – запчасти к турбинному оборудованию, Белгородского завода энергетического машиностроения, Барнаульского котельного («Сибэнергомаш»), Таганрогского котельного завода «Красный котельщик» – запчасти к котлам, трубопроводы высокого давления и их детали, запчасти к РВП, ПВД, оборудование химводоочисток, Саратовского завода энергетического машиностроения – подогреватели и запчасти к ним. Арматуру высокого давления и запчасти к ней поставлял Чеховский завод энергетического машиностроения, насосы и запчасти к ним – завод «Ливгидромаш» г. Ливны и Катайский насосный завод, завод ОАО «Уралэлектротяжмаш» (Екатеринбург) поставлял запчасти к выключателям ВВ – 330 кВ, АО «Электросила» (Санкт-Петербург) – запчасти к турбогенераторам ТВВ – 160, ТВФ 60–2 [3].

Влиятельным экспортером прогрессивных технологий, строительства большой и малой энергетики, объектов социального, культурного и бытового назначения в страны дальнего и ближнего зарубежья, а также инициатором создания международных программ сотрудничества, участником многих акций и мероприятий, проводимых Мировым энергетическим советом (МИРЭС) являлся ОАО «Белэнергострой». Это предприятие обладало мощным производственным потенциалом и предполагало свои услуги по сооружению электрических, тепловых и атомных станций, объектов жилья и соцкультбыта с организацией работ под ключ с применением высококачественных материалов, передовых технологий, с использованием современных методов архитектуры и дизайна. В 1997 г. в г. Москве было открыто Постоянное представительство Белэнергостроя, что было вызвано возрастающими объемами строительно-монтажных работ на энергетических объектах, бартерного обмена и коммерческой деятельности. Результатом сотрудничества данного предприятия с РАО «Газпром» стало строительство объектов в поселке Нахабино Московской области, был построен в г. Москве торговый дом «Россия–Белоруссия».

Белэнергострой постоянно вел переговоры о сотрудничестве в области строительства энергетических объектов и принимал участие в различных саммитах «Партнерство 2000» (Индия), «Перестройка Юго-Восточной Европы» (Греция). Руководство Белэнергостроя (Кондратьев М. П.) в ходе деловых встреч посетило Израиль, Исламскую Республику Иран, Азербайджан, Финляндию. На взаимовыгодных условиях Белэнергостроем с иностранными партнерами были созданы белорусско-польские СП «ОДЭС – сервис» по производству оконных и дверных блоков из ПВХ, «Энергостройинвест» по производству энергосберегающих стеклопакетов, оконных и дверных заполнений из алюминиевых профилей, белорусско-чешское СП «Белгидропласт» по производству полипропиленовых труб, СП «Стеклопакет» по выпуску энергосберегающих стеклопакетов по австрийской технологии. В 1996 г. с участием организаций Белэнергостроя была произведена замена парового котла на ТЭЦ в г. Мельнике (Чехия), были изготовлены металлоконструкции и блоки трубопроводов для Бреннинской фабрики – филиала Международного концерна «АВВ» (Швеция) [4]. Активно развивали свои контакты с дальним зарубежьем и другие предприятия концерна «Белэнерго». Через трест «Загранэнергострой» 12 специалистов «Гомельэнерго» участвовало в строительстве и эксплуатации электростанций в Алжире, Иране, Нигерии и Сирии.

Таким образом, внешнеэкономическая деятельность белорусских энергетиков на рубеже XX–XXI вв. была направлена на сохранение стабильности экономического развития Республики Беларусь и сосредоточила все свое внимание и сконцентрировала свои усилия на дальнейшем развитии основополагающей отрасли народного хозяйства страны.

Список использованных источников:

1. Текущий архив концерна «Белэнерго».
2. Текущий архив РУП «Брестэнерго».
3. Текущий архив РУП «Могилевэнерго» .
4. Текущий архив ОАО «Белэнергострой».
5. Часноўскі М. Э. Гісторыя знешняй палітыкі Рэспублікі Беларусь: / М.Э. Часноўскі ; М-ва адукацыі Рэсп. Беларусь, Брэст. дзярж. ун-т імя А.С. Пушкіна. – Брэст : БрДУ, 2008. – 166 с.

Чернюк В. П., Шляхова Е. И.

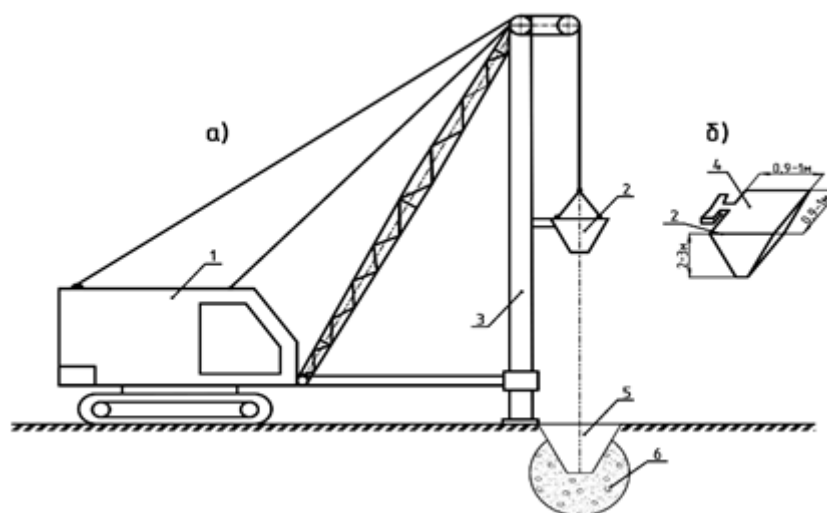
ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТРАМБОВОК ДЛЯ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В ВЫТРАМБОВАННЫХ КОТЛОВАНАХ

Брестский государственный технический университет, кафедра ТСП

Вытрамбовывание котлованов по наиболее простой схеме (рисунок 1) производят путем сбрасывания трамбовки по направляющей штанге с высоты 4–8 м в одну и ту же точку котлованов для устройства выемки.

Масса трамбовки может составлять 5–10 т и более. Для вытрамбовывания котлованов под отдельные столбчатые фундаменты без уширенного основания на глубину 1 м требуется 10–16 ударов трамбовки и 2–4 минуты времени, а котлованов глубиной до 3 м с уширенным основанием, т. е. с учетом втрамбовывания в дно жесткого материала - около 40–60 ударов трамбовки, что составляет 10–20 минут времени работы установки.

Метод устройства ФВК весьма эффективен, так как позволяет полностью исключить земляные, опалубочные и распалубочные работы, обратную засыпку, повысить в 2–3 раза несущую способность фундамента по грунту основания, полностью механизировать сам процесс устройства ФВК, повысить производительность труда, сэкономить бетон, арматуру и т. д.



1 – экскаватор (кран); 2 – трамбовка; 3 – направляющая штанга; 4 – каретка;
5 – вытрамбованный котлован; 6 – ядро из жесткого материала

Рисунок 1 – Схема вытрамбовки фундаментов (а) и типовая конструкция трамбовки (б)

Вытрамбованный до проектной отметки котлован заполняется бетонной смесью. Верхняя часть фундамента выполняется различной формы в зависимости от типа сопряжения фундамента с надфундаментными конструкциями (плоская, со стаканом под колонну, с пазами для укладки фундаментных балок и др.). Фундаменты зданий и сооружений в вытрамбованных котлованах можно устраивать двумя способами: путем вытрамбовывания грунта котлована за счет уплотнения на требуемую глубину заложения фундаментов механической трамбовкой, после чего производится устройство фундамента (первый способ), а также путем устройства фундаментов с уширенным основанием или ядром. Вначале вытрамбовывают котлован на глубину 2–3 м, а затем в образованный котлован (ложе) отдельными порциями отсыпают

щебень, гравий, крупный песок или другой жесткий материал и производят его уплотнение механическими трамбовками (второй способ). Имеются также и другие варианты устройств ФВК.

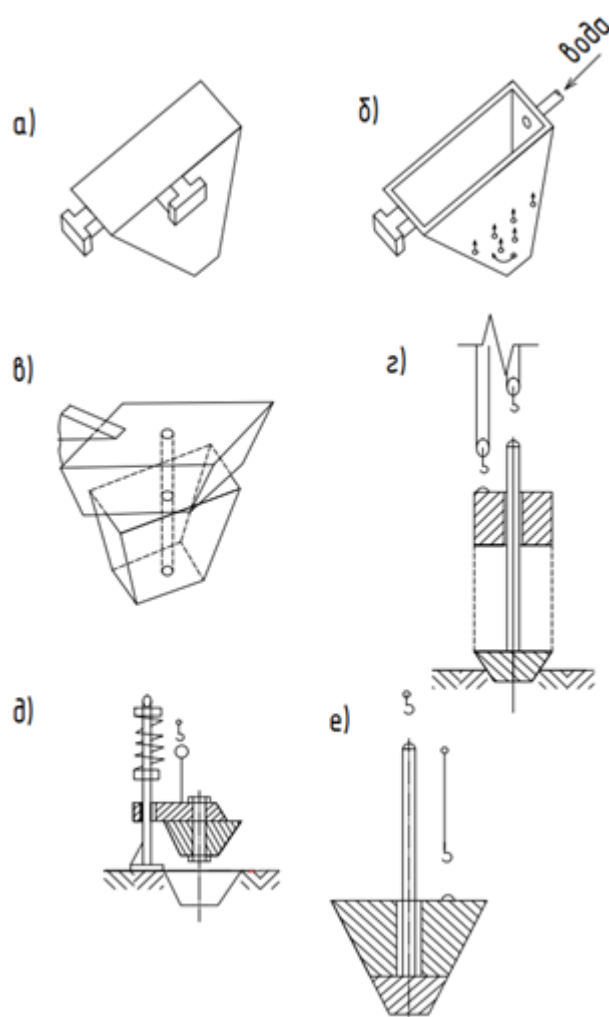


Рисунок 2 – Конструкции трамбовок для вытрамбовывания котлованов

Что же касается трамбовок, то авторами предложено около десятка их разнообразных конструкций и технических решений, более прогрессивных и производительных по сравнению с существующими (типовыми). Предлагаем несколько из них.

Эффективны крестообразные в плане фундаменты ФВК, обладающие повышенной несущей способностью на действии вертикальных, а также горизонтальных нагрузок, низкой металло- и материалоемкостью, для образования которых могут использоваться крестообразные трамбовки. Однако образование крестообразных фундаментов крестообразными трамбовками малоэффективно из-за снижения качества вытрамбовки и срыва грунта, в частности во внутренних углах трамбовки, по причине обрушения грунта, повышенной энерго- и материалоемкости устройства фундамента.

В этом случае для образования крестообразных ФВК более просты, практичны и экономичны прямоугольные в плане трамбовки с двумя каретками, расположенными на смежных гранях трамбовки (а. с. СССР № 1807168). Это позволяет путем разовой замены кареток в направляющей штанге базовой машины производить

вытрамбовывание крестообразных котлованов, вначале вдоль одной оси, затем вдоль другой (рисунок 2, а).

Подобные, в том числе крестообразные котлованы, могут быть вытрамбованы с помощью специальной прямоугольной трамбовки (патент РБ на полезную модель № 1998, рисунок 2, д), выполненной в виде усеченной прямоугольной пирамиды и снабженной пружиной сжатия, с возможностью ее вращения относительно каретки посредством болтового соединения. Это позволяет путем поворота трамбовки относительно каретки на 90° вытрамбовывать крестообразные котлованы, которые не могут быть образованы обычными трамбовками, а также получать дополнительную энергию падения от сжатой пружины, выстреливаемой трамбовку вниз.

Трамбовки, выполненные согласно патентам на изобретения РФ № 2012717 (рисунок 2, в) и РБ № 4659 (рисунок 2, е) содержат взаиморазворачивающиеся верхнюю и нижнюю плиты прямоугольного или квадратного сечения, соединенные между собой болтовым соединением с возможностью их вращения. Это позволяет образовывать котлованы, а затем и фундаменты, звездообразной или иной сложной формы высокой несущей способности и обладающих теми же достоинствами, что крестообразные.

Известно применение воды для смазки стенок котлована при вытрамбовке. При наличии сыпучих и маловлажных грунтов с целью повышения эффективности и качества вытрамбовывания котлованов успешно могут быть использованы трамбовки, позволяющие подавать воду самотеком или под давлением к боковым граням трамбовки (а. с. СССР № 1794992, рисунок 2, б). Это уменьшает энергоемкость извлечения трамбовки из грунта, снижает силу сцепления трамбовки с грунтом, повышает качество вытрамбовки, уменьшает грузоподъемность крана для извлечения трамбовки из грунта.

Для повышения качества уплотнения грунта и снижения сопротивления воздуха трамбовка может снабжаться подпружиненным поршнем и цилиндром с отверстиями для выхода воздуха в атмосферу (а. с. СССР № 1765298), что позволяет увеличить время действия развивающихся в грунт напряжений и удалять воздух из пор грунта.

Повышает к. п. д. удара трамбовки выполнение ее из двух частей (верхней и нижней плит) разной массы (верхняя тяжелее нижней в 3–4 раза) – патент РБ на полезную модель № 9780, рисунок 2, г. При этом поднимается вверх только верхняя плита и она же ударяет и падает на нижнюю. Благодаря различной массе повышается к. п. д. вытрамбовки и снижается общая масса трамбовки.

К другим полезным разработкам можно отнести технические решения согласно патентам РБ на изобретение № 6653 и полезные модели № 1104, № 2031.

Для эффективного и минимально энергоемкого производства работ по вытрамбовке котлованов необходимо решить важную технологическую задачу – определить оптимальную величину наклона граней трамбовки к вертикали.

При определении рациональной формы трамбовки следует исходить из того, что устойчивость грунта при вытрамбовывании стенок котлована существенно повышается с увеличением угла наклона к вертикали стенок котлована и приближении его формы в плане к окружности. Кроме того, в этом случае устойчивость грунта повышается также вследствие того, что при большом наклоне граней трамбовки достигается больший эффект уплотнения как по размерам уплотненной зоны, так и плотности грунта в ней. Однако при чрезмерном увеличении наклона граней трамбовки несущая способность фундамента хотя и возрастает, но более интенсивно увеличивается объем котлована, а, следовательно, расход и бетона. Получается, что чрезмерное увеличение наклона граней трамбовки малоэффективно.

С другой стороны, при уменьшении наклона граней трамбовки возникает опасность обрушения стенок котлован при извлечении трамбовки из него.

С целью определения оптимального наклона граней трамбовки для упрощения постановки задачи и последующего ее решения примем, во-первых, грунт однородный однослойный вокруг котлована, что вполне допустимо, т. к. глубина вытрамбовки фундамента невелика и редко превышает 2,5–3 м. Во-вторых, с точки зрения максимальной эффективности уплотняемости грунта вокруг котлована примем саму трамбовку в виде усеченного конуса, ориентированного вниз меньшим основанием, что позволяет, с небольшой долей погрешности, перейти на эффективные шести-, восьми-, двенадцати- и др. многогранные трамбовки [1, 2].

Исходя из этих предпосылок можно установить рациональную величину наклона граней трамбовки к вертикали β , при которой грунт стенок котлована не будет срываться, обрушаться или разрушаться. Для этого необходимо выполнение двух условий:

1. Вертикальная составляющая силы отпора грунта на трамбовку должна быть больше вертикальной силы трения грунта с трамбовкой с целью минимизации усилия извлечения трамбовки из грунта. Это осуществимо при углах наклона граней трамбовки к вертикали

$$\beta_{min} \geq 0,5 \arctg f,$$

где f – коэффициент трения грунта о трамбовку.

2. Вертикальная составляющая силы сцепления грунта с трамбовкой не должна превышать силу тяжести грунта, заключенного в объем конуса обрушения, иначе он будет вынут из выемки вместе с трамбовкой на дневную поверхность и в грунте образуется не вытрамбованный котлован, а выемка. Это реализуемо при следующих углах наклона граней к вертикали

$$\beta_{max} \leq \arctg \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi}{3 \cdot \tau_c},$$

где ρ – плотность грунта, $\text{T}/\text{м}^3$; $g = 9,8 \text{ М}/\text{с}^2$ – ускорение свободного падения; φ – угол внутреннего трения грунта, град.; H – глубина вытрамбовки котлована, м; τ_c – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности трамбовки, кПа.

Таким образом, оптимальные значения углов наклона граней трамбовки к вертикали должны быть в пределах

$$0,5 \cdot \arctg f \leq \beta \leq \arctg \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi}{3 \cdot \tau_c}.$$

В качестве примера расчета определим оптимальный угол наклона граней реальной трамбовки высотой $H = 3 \text{ м}$ с размерами верхнего (большого) основания $a \cdot b = 1,25 \cdot 1,25 \text{ м}$, и нижнего (меньшего) основания $a \cdot b = 0,2 \cdot 0,2 \text{ м}$, погружаемой в мелкозернистые пески, четвертичного отложения, средней плотности со следующими нормативами: $l = 0,5$; $c = 4$; $E = 30$, имеющими такие параметры: $\varphi = 37^\circ$; $f = 0,15$; $\rho = 1,6 \text{ т}/\text{м}^3$; $\tau_c = 40 \text{ кПа}$. Подставляя значения параметров в приведенное выше неравенство, получим

$$0,5 \cdot \arctg 0,15 \leq \beta \leq \arctg \frac{1,6 \cdot 9,8 \cdot 3 \cdot \operatorname{tg}^2 37^\circ}{3 \cdot 40} \text{ или } 4,15^\circ \leq \beta \leq 12^\circ 30'.$$

В реальной трамбовке $\beta \approx \arctg \frac{1,25 - 0,2}{2 \cdot 3} = 9^\circ 50'$, а это достаточно близко совпадет с расчетными значениями.

Расчеты, выполненные по упомянутому способу показывают, что оптимальные значения углом наклона граней трамбовок к вертикали могут меняться в пределах 5–15°. В трамбовках, применяющихся в фундаментостроении РФ, РБ, Молдавии, Украины, Казахстана угол наклона граней трамбовок также колеблется в пределах 0–20° (от достаточно тупых до весьма острых), причем он установлен в них спонтанно

без учета конкретных грунтовых условий. В нашем способе расчета угла наклона граней трамбовки позволяет учитывать реальные грунтовые условия, зависящие от физических (нормативных) параметров грунта ρ, φ, f, τ_c , т.е. учитывать их на стадии проектирования фундаментов.

В заключении отметим, что нами рекомендуются к производству эффективная технология устройства фундаментов в вытрамбовочных котлованах, прогрессивные конструкции трамбовок, защищенных патентами и а. с. СССР, РФ и РБ, и метод расчета угла наклона граней трамбовки к вертикали.

Список использованных источников:

1. Чернюк, В. П., Ивасюк, П. П. Производство свайных работ в особых условиях. – Германия, LAP LAMBERT Academic Publinsing, 2016. – 195 с.
2. Чернюк, В.П., Шляхова, Е.И. Технология свайных работ в особенностях строительства / Учебное пособие. – Москва, РУСАЙНС, 2019. – 242 с.

Разаков М. А.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ТОРГОВЫХ ЗАЛАХ

Преподаватель-исследователь, старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (НИУ МЭИ), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский Биотехнологический Университет" (ФГБОУ ВО Росбиотех)

Аннотация

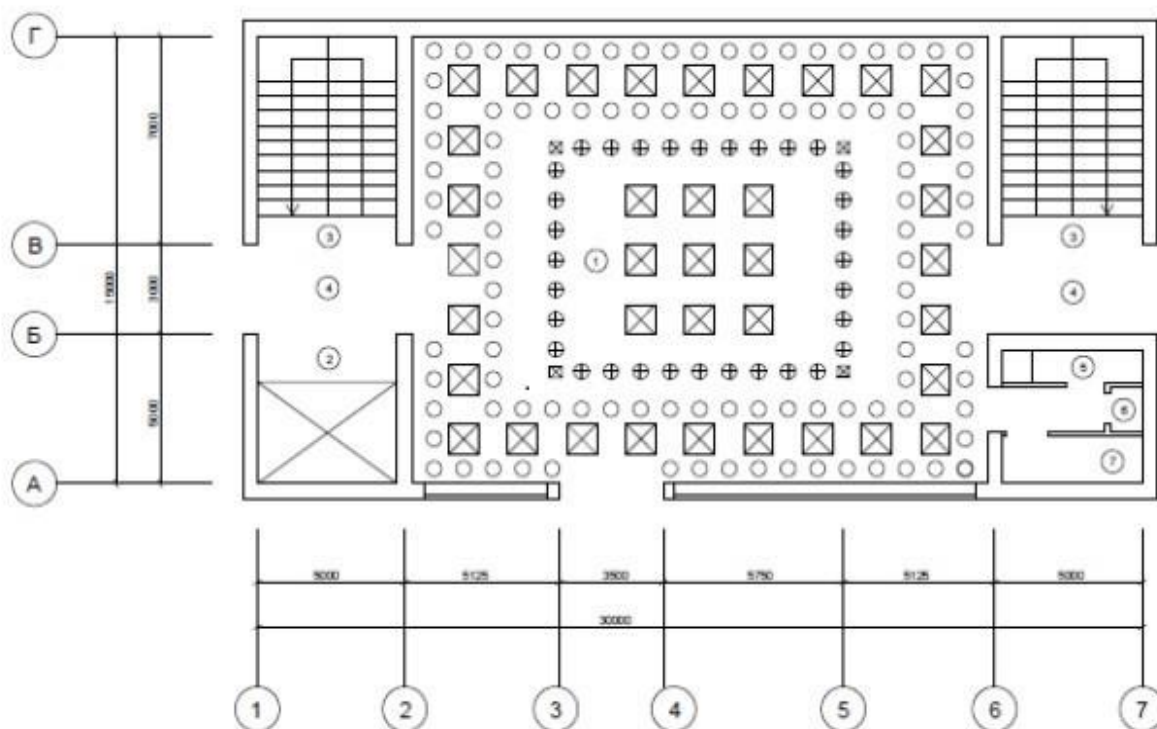
В работе рассмотрены варианты обеспечения микроклимата помещений розничной торговли парфюмерными изделиями. Представлены особенности расхода энергетических ресурсов при различных способах подогрева воздушной среды. Приведены отличия в расходе теплоносителя при установке различных видов оборудования обеспечения микроклимата и постоянном значении тепловых потерь в помещении.

Ключевые слова: система отопления; система вентиляции; режимы работы; инженерные системы; проектирование; тепловая энергия.

Современный человек большое количество времени проводит в общественных зданиях. Одним из наиболее распространенных помещений является торговый зал. В данной работе исследованы расходы теплоносителя при различных способах обеспечения температурно-влажностного режима помещения в зимний период. Расчеты проводились для случая, когда в магазине нет посетителей и отсутствуют теплопоступления от солнечной радиации (после 20-00). Тепловые потери через ограждающие конструкции (с учетом инфильтрации) для города Владимира рассчитывались по характеристикам ГСОП и в сумме для помещения торгового зала составили 16340 Вт [1-3]. Для обеспечения нормальных условий работы в помещении применяются 3 вида классических систем отопления: 1 – водяное отопление без механической вентиляции; 2 – полная электрическая совмещенная рециркуляционная система вентиляции/отопления; 3 – совмещенная прямоточная электрическая система вентиляции/отопления. Расходы теплоносителя для 2 и 3 систем идентичны друг другу,

т. к. возможны случаи, когда рециркуляционная система будет подогревать уличный воздух. При использовании водяной системы, вентиляция помещения обеспечивается лишь притоком воздуха через неплотности в светопрозрачной конструкции.

В расчете также учитывалось изменение тепловых потерь при изменении типа светильников. В проекте использовались люминесцентные лампы (А тип) и совмещенные галогенные светотехнические приборы и лампы накаливания (Б тип). Разница в тепловых поступлениях между А и Б типами осветительного оборудования составила 5290 Вт. На рисунке 1 представлен план рассматриваемого помещения [1].



Экспликация помещений: 1 – торговый зал магазина, 2 – лифтовая шахата, 3 – лестничная клетка, 4 – тамбур, 5 – уборная, 6 – склад, 7 – ИТП.

Условные обозначения: ○ – галогеновая лампа, ⊕ – лампа накаливания,

⊠ – люминесцентная лампа (режим Лето), ① – номер помещения по экспликации.

Рисунок 1 – Схема расположения осветительных приборов в торговом зале

Расход теплоносителя для водяной системы отопления определялся по формуле (1)

$$G = \frac{3600 \times Q}{c_B \times (t_r - t_o)} \quad (\text{кг/ч}), \quad (1)$$

где Q – тепловая нагрузка помещения [Вт] (см.таблицу 1);

t_r – температура подающей воды в системе отопления [°С] (принято 95 °С);

t_o – температура обратной воды в системе отопления [°С] (принято 65 °С);

c_B – удельная теплоемкость воды [Дж/(кг x К)].

Расход воздуха для прямоточной совмещенной отопительно-вентиляционная системы можно найти по формуле (2)

$$G = \frac{3600 \times Q}{c \times (t_B - t_H)} \quad (\text{кг/ч}), \quad (2)$$

где t_H – расчетная температура наружного воздуха [°С] (принято по СП 131.13330.2012);

c – удельная массовая теплоемкость воздуха [Дж/(кг x К)];

t_b – температура в помещении [°C] (принято 16 °C).

Температура принята равной 16°C, несмотря на то, что по рекомендациям она находится в диапазоне от 40 до 60°C [2, 3]. Результаты максимально возможных нагрузок для трех систем отопления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Различные виды используемых систем отопления для помещений

Наименование системы	1 система		2 и 3 системы	
	А тип	Б тип	А тип	Б тип
Тип осветительных приборов				
Тепловая нагрузка (Вт)	16340	11050	16340	11050
Максимальный расход воды или воздуха (кг/ч)	470	320	6505	4400

Вывод: Изменение типа источников искусственного освещения может существенно снизить нагрузку на отопительные системы. Разница в тепловой нагрузке может составлять до 32 %. Водяная система отопления имеет ряд преимуществ перед системой воздушного отопления. Необходимо полное экономическое сравнение капитальных и эксплуатационных затрат между разработанной водяной и воздушной системами отопления.

Список использованных источников:

1. Разаков М. А., Рымаров А. Г. Влияние теплоступлений от искусственного освещения на тепловой режим помещений в торговом центре // Строительство - формирование среды жизнедеятельности: XXI Международная научная конференция: сборник материалов семинара «Молодежные инновации», Москва, 25–27 апреля 2018 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. С. 81-83;
2. Разаков М. А., Прохоров В. И. Теплогазоснабжение и вентиляция // Учебное пособие. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. 158 с.
3. Справочник проектировщика под ред. Н. Н.Павлова и Ю. И.Шиллера. Часть 3 Вентиляция и кондиционирование воздуха // Стройиздат, 1992.

Борисов Б. Н., Стариков А. Н.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ И РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, к. т. н., доцент каф. «ТГВиГ»

Традиционный метод прокладки и ремонта открытым (траншейным) способом сетей газоснабжения, теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения и других ставит перед строителями, особенно в условиях городской застройки, ряд сложных проблем, связанных с угрозой повреждения соседствующих с трассой зданий и сооружений и последующим восстановлением дорожного покрытия, выемкой и транспортированием

грунта и т. д. Тенденции последних лет как у нас в стране, так и за рубежом, указывают, что все большее внимание уделяется вопросам использования перспективным бестраншейным технологиям.

Под бестраншейными методами понимаются технологии прокладки, замены, ремонта, инспекции и обнаружения дефектов в подземных коммуникациях различного назначения с минимальным вскрытием земной поверхности, а в некоторых – случаях нулевой объем земляных работ, проводимых в период строительства [1].

Находящиеся в эксплуатации городские инженерные сети подвержены как естественному старению, так и преждевременному износу, что требует их восстановления или санации.

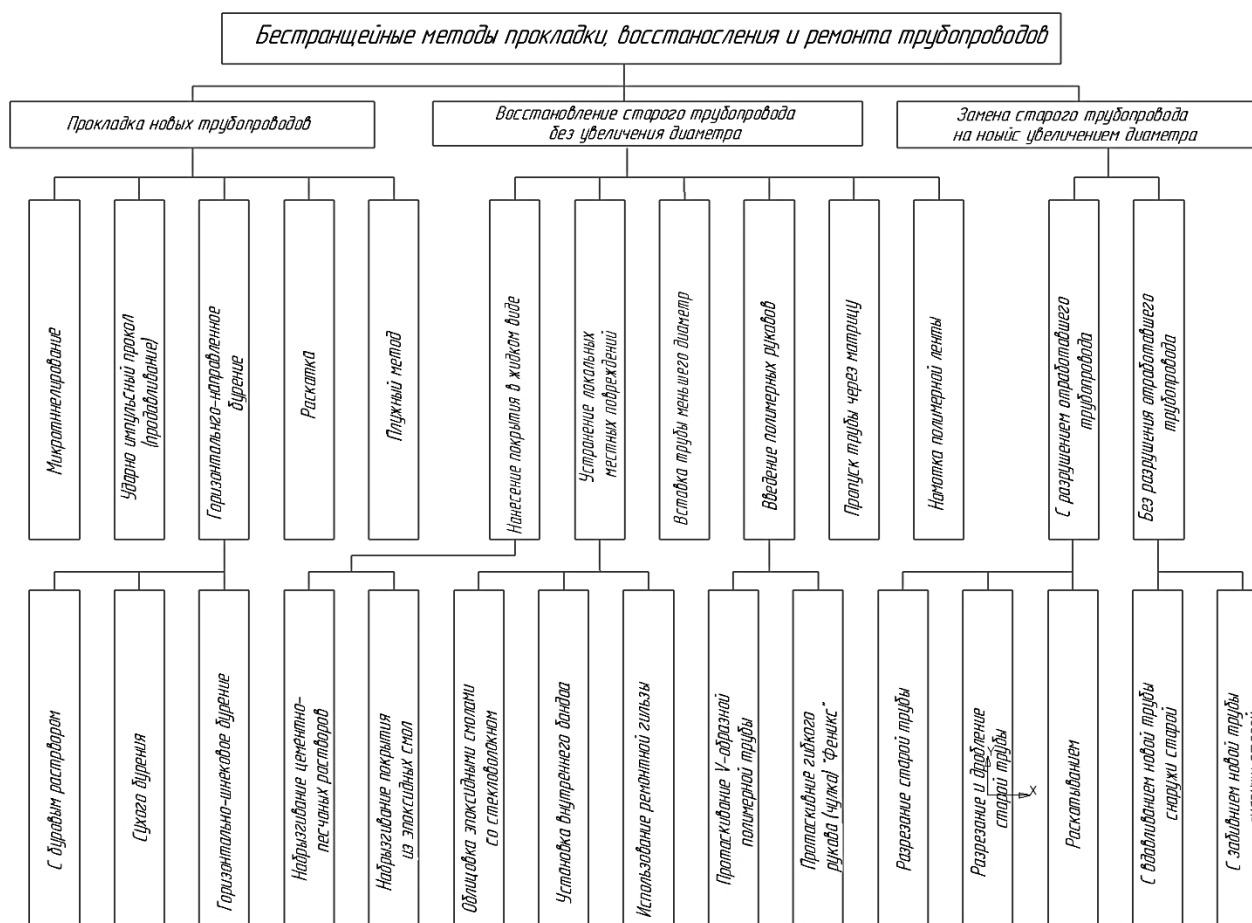


Рисунок 1 – Классификация бестраншейных методов прокладки, восстановления и ремонта трубопроводов

Восстановление предполагает проведение работ на всем протяжении поврежденного участка. Ремонт поврежденного трубопровода производится с целью улучшения его эксплуатационных качеств и продления срока службы. Восстановление может выполняться по причине снижения пропускной способности трубопроводов или ухудшения гидравлических характеристик трубопроводов.

Санация – проведение пространственно-ограниченных ремонтно-восстановительных работ на отдельных участках трубопроводов по их длине и в местах их стыковки, включая сооружения и арматуру на сети (колодцы, задвижки и т. д.). Отличительной особенностью санации от бестраншейной прокладки является сохранение старого трубопровода в качестве остова конструкции [2].

В настоящее время существует множество бестраншейных технологий, с помощью которых проводятся работы по укладке, ремонту, восстановлению и санации

трубопроводов. Наиболее распространенные бестраншейные методы, применяемые в строительстве, представлены на рисунке 1

Каждый из перечисленных методов отличается специфическими особенностями и имеет свои преимущества, определяющие область его применения. Целесообразность использования того или иного метода уточняется после детальных диагностических обследований и заключения технической экспертизы. В каждом конкретном случае рассмотрению подлежат состояние трубопровода, его размеры, вид транспортируемой среды, окружающая подземная инфраструктура, тип грунтов, наличие подземных вод и ряд других факторов, способных повлиять на выбор метода восстановления.

Наиболее распространенными методами бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций являются горизонтальная проходка в грунтах и протаскивание трубопроводов.

Проходка горизонтальных (наклонных) скважин при протаскивании в них трубопроводов может производиться с помощью следующих технологий:

- горизонтального направленного бурения (в том числе, шнекового);
- микротоннелирования;
- ударно-импульсного и статического прокола (продавливания);
- раскатки;
- строительства трубопроводов запахиванием в грунт (плужным методом).

Наибольшее распространение в настоящее время находит технология горизонтального направленного бурения (ГНБ) для прокладки в грунте трубопроводных коммуникаций. Сущность метода ГНБ состоит в использовании специальных буровых станков, которые осуществляют предварительное (пилотное) бурение по заранее рассчитанной траектории с последующим расширением скважины (с помощью набора расширителей и буровых головок, которые могут омываться буровым раствором) и протаскиванием в образовавшуюся полость трубопровода. Буровой раствор (бентонит) необходим для смазки образующей скважины, ее стабилизации, удаления отходов бурения и охлаждения буровой головки или ее коронки. В последние годы стали использовать установки сухого направленного бурения, в том числе для скальных грунтов. В этом случае используется сжатый воздух или водяное распыление.

Шнековое бурение позволяет вести непрерывное бурение в самых сложных геологических условиях и при высокой скученности различных сооружений и коммуникаций вблизи прокладываемого трубопровода.

Сущность микротоннелирования заключается в строительстве тоннеля с помощью дистанционно управляемого проходческого щита диаметром до 2 м. Этот метод может применяться при любых грунтовых условиях и любой степени обводненности грунтов, особенно в плывунах. Для транспортировки породы из тоннеля на поверхность используются щиты со шнековым устройством.

Технология ударно-импульсного прокола (продавливания) осуществляется с помощью пневмоударных машин для забивки в грунт труб различного диаметра, горизонтальной прокладки стальных футляров под дорогами и железнодорожными путями, под фундаментами зданий, реками, озерами, ручьями и т. д.

Раскатка скважин представляет собой непрерывный процесс образования цилиндрической полости путем деформации и уплотнения грунта раскатывающим механизмом или раскатчиком. Раскатчики состоят из конических катков, установленных на подшипниках качения друг за другом. При вращении катки перемещаются, и раскатчик ввертывается в грунт, образуя скважину. В отличие от

описанных ранее методов проходки скважин, где разрушенная порода выносится на поверхность, раскатчики при проходке в сжимаемых грунтах вдавливают ее в стенки скважины, существенно уплотняя их. Это позволяет получить устойчивую полость, в которой могут проложены коммуникации различного назначения. Значительное уплотнение грунта вокруг скважины вдоль трассы может оказать негативное влияние на параллельные коммуникации, если они проложены в непосредственной близости от пути движения раскатчика.

Протаскивание нового трубопровода в старый наиболее перспективно в тех случаях, когда требуется полная замена трубопровода, но при этом необходимо учитывать, чтобы его пропускная способность обеспечивала потребителей необходимым расходом.

В практике применяется метод разрушения старых труб по трассе между двумя колодцами с протаскиванием в освобождающееся пространство новых, как правило, несколько большего диаметра, чем вышедшие из строя.

В настоящее время широкое распространение нашли методы санации трубопроводов путем нанесения цементно-песчаных покрытий (ЦПП) или из полимерных материалов на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода. Полимерное покрытие «Феникс» изготавливается из полиэфирных и нейлоновых нитей, пропитанных полиэтиленом, и является одним из наиболее эффективных мероприятий для восстановления внутренней поверхности изношенных трубопроводов. Этим методом обеспечивается механическая прочность и герметичность.

Список использованных источников:

1. Храменков, С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. Москва, АСВ, 2002. – 289 с.
2. Храменков, С. В., Примин О. Г., Орлов В. А. Технологии восстановления трубопроводов бестраншейными методами. Москва, АСВ, 2002. – 239 с.

Джумаев А. Я.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СТАБИЛЬНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Государственный энергетический институт Туркменистана

Интенсивность поступления солнечной энергии на территории Туркменистана показывает, что страна располагает существенными ресурсами для развития возобновляемой энергетики. Энергетическая эффективность, основные технико-экономические показатели использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), стабильные рабочие характеристики энергетического оборудования и стабильное энергоснабжение потребителей достигаются при комбинированном использовании различных видов источников электрической и тепловой энергии, комплексном ее аккумулировании и при сочетании ВИЭ как между собой, так и с техникой и технологиями традиционной энергетики. При определении эффективности использования комплексных энергосистем на основе ВИЭ в основном необходимо ориентироваться на суммарный экономический и экологический эффект E_c [1]:

$$E_c = E_{\text{экон}} + E_{\text{экол}} , \quad (1)$$

где $E_{\text{экон}}$ – годовой экономический эффект; $E_{\text{экол}}$ – годовой экологический эффект.

Постановлением Президента Туркменистана от 4 декабря 2020 года утверждена Национальная стратегия развития возобновляемой энергетики Туркменистана до 2030 года [2]. Согласно Национальной стратегии планируется реализация следующих мероприятий в разделе Развитие мини- и микроэлектросетей в удаленных районах:

- определение целевых показателей электрификации удаленных районов с использованием автономных систем, мини- и микроэлектросетей;
- разработка нормативных правовых актов, определяющих порядок землеотвода под линии электропередач (опоры линий электропередачи);
- разработка типовых проектов мини- и микроэлектросетей для использования в изолированных районах;
- разработка и производство модульных решений для строительства мини- и микроэлектросетей в изолированных районах;
- разработка упрощенного порядка получения разрешения на строительство мини- и микроэлектросетей в изолированных районах в случае использования типовых проектов и модульных решений;
- определение налоговых льгот, включая льготы на землю, при строительстве мини- и микроэлектросетей в удаленных районах.

Таблица 1 – Технические характеристики солнечного модуля SPR-415-WHT-D

1.	Модель	SPR-415-WHT-D
2.	Технология	Mono-c-Si
3.	$N_{\text{сэ}}$	128 ФЭ
4.	$U_{\text{хх}}$	85,3 В
5.	$I_{\text{кз}}$	6,09 А
6.	$U_{\text{мм}}$	72,9 В
7.	$I_{\text{мм}}$	5,69 А
8.	Максимальная мощность при STC $P_{\text{мм}} = I_{\text{мм}} U_{\text{мм}}$	415 Вт
9.	Допустимое отклонение мощности (%)	± 5 %
10.	$K_{\text{н}}$	-0,32 %/°C
11.	$K_{\text{т}}$	0,057 %/°C
12.	КПД	19,25 %
13.	NOCT (Nominal Operation Cell Temperature)	45,8 °C
14.	$I_{\text{ф}}$	6,0978 А
15.	I_0	$7,1712 \cdot 10^{-13}$ А
16.	А	0,87223
17.	$R_{\text{ш}}$	419,7813 Ом
18.	$R_{\text{п}}$	0,5371 Ом
19.	Длина модуля	2067 мм
20.	Ширина модуля	1046 мм
21.	Площадь модуля	2,16 м ²

Рассмотрим некоторые пилотные проекты энергоснабжения удаленных населенных пунктов. Для строительства фотоэлектрической солнечной станции (ФСС) мощностью 900 кВт в деревне Кирпили Бахерденского этрапа Ахалского велаята были выбраны следующие компоненты системы для базового блока (количество домов 177):

Фотоэлектрические солнечные модули выбраны из базы данных PVsyst [3] и приняты типа SPR-415-WHT-D от производителя Sunpower. Технические характеристики модуля приведены в таблице 1.

Центральным трехфазным инвертором, выбранным из базы данных PVsyst является Bosch ВРТ–С300 из производства Bosch Power Tec. Технические характеристики инвертора приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики инвертора Bosch ВРТ-С300

1.	Номинальная мощность переменного тока	300 кВт
2.	Номинальное напряжение переменного тока	300 В
3.	Минимальное значение напряжения диапазона МРРТ	530 В
4.	Максимальное значение напряжения диапазона МРРТ	800 В
5.	Входное максимальное напряжение	1000 В
6.	Частота	50 Гц
7.	EURO КПД	98,5 %
8.	Максимальный входной ток инвертора	590 А

С учетом предыдущих условий и критериев были рассчитаны следующие параметры выбранных комплектов ФСС.

Абсолютное максимальное напряжение $U_{\text{ФСС.мак}}$ рассчитано при самой низкой рабочей температуре поверхности модуля, которая рассматривается как самая низкая зарегистрированная температура окружающей среды в месте строительства ФСС. Для села Кирпили эта температура составляет -10°C . Таким образом $U_{\text{ФСС.мак}} = 94,85\text{В}$.

Максимальное количество модулей в ряду $n_{\text{ряд}}$ вычисляется с учетом предыдущих условий и критериев. Таким образом, $n_{\text{ряд}} = 10,5$. $U_{\text{ФСС ТММмак}}$ рассчитано при минимальной зимней рабочей температуре поверхности модуля. Зимняя минимальная рабочая температура была найдена при плотности излучения $E = 0 \text{ Вт/м}^2$ и средней минимальной зимней температуре окружающей среды села Кирпили за 10 лет $T_{\text{окр}} = 5^{\circ}\text{C}$. Таким образом, зимняя минимальная рабочая температура поверхности модуля составляет 5°C и $U_{\text{ФСС ТММмак}} = 77,6\text{В}$.

$U_{\text{ФСС ТММмин}}$ рассчитано при летней максимальной рабочей температуре поверхности модуля. Летняя максимальная рабочая температура была найдена при плотности излучения $E = 1200 \text{ Вт/м}^2$ и средней максимальной летней температуре окружающей среды села Кирпили за 10 лет $T_{\text{окр}} = 30^{\circ}\text{C}$. Таким образом, летняя максимальная рабочая температура поверхности модуля составляет 70°C и $U_{\text{ФСС ТММмин}} = 62,4\text{В}$.

Минимальное количество модулей в ряду n_{min} вычисляется с учетом предыдущих условий и критериев. Таким образом, в результате расчетов получим $n_{\text{min}} = 8,5$. Максимальное количество рядов в ФСС $n_{\text{ряд}}$ вычисляется с учетом предыдущих условий и критериев. Таким образом, в результате расчетов получим $n_{\text{ряд}} \leq 97$.

Таблица 3 – Основные характеристики основного базового блока ФСС 300 кВт

1.	Мощность ФСС	300 кВт
2.	Мощность фотоэлектрического модуля	415 Вт
3.	Количество фотоэлектрических модулей	720
4.	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	10
5.	Количество рядов	72
6.	Площадь фотоэлектрических модулей	1557 м ²
7.	Количество инверторов	1

Расчет и оптимизация были выполнены с использованием программы PVsyst т.к. в этом ПК имеется встроенный модуль, который позволяет оптимизировать количество модулей в каждом ряду, и по количеству рядов на основе выбранных компонентов [3].

В результате расчетов основной базовый блок ФСС мощностью 300 кВт обладает следующими характеристиками, которые представлены в таблице 3.

Использование автономной ФСС в системе электроснабжении для удаленных населенных пунктов в режиме многолетней непрерывной работе предполагает отсутствие периодической подзарядки аккумулятора от внешнего источника. В этом случае фотоэлектрический преобразователь – единственный источник энергии в системе, который при минимуме ее пиковой мощности должен полностью обеспечить электроэнергией автономный объект.

Для определения мощности ФСС необходимо рассчитать общее количество электроэнергии, которое может выработать один солнечный модуль за расчетный промежуток времени. Для расчета потребуется значение солнечной радиации, которое берется в период работы станции, когда солнечная радиация минимальна $E_{мес}$. В случае круглогодичного эксплуатации – это декабрь.

Определив значение солнечной радиации за интересующий нас период и разделив его на 1000, получим так называемое количество пикчасов, т.е. условное время, в течении которого солнце светит как бы с интенсивностью 1000 Вт/м².

Солнечный модуль с мощностью $P_{мод}$ в течении выбранного периода времени производить следующее количество энергии

$$E_{мод} = (k \cdot P_{мод} \cdot E) / 1000, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (2)$$

где E – значение инсоляции за выбранный период, кВт·ч/м²; k – коэффициент, учитывающий поправку на потери мощностей солнечных панелей при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность фотоэлектрических преобразователей в течении дня.

Величина k принимается равной 0,5 летом и 0,7 в зимний период. Разница в его значении зимой и летом обусловлена меньшим нагревом панелей и меньшей величиной солнечной инсоляции в зимний период.

Полная мощность панелей ФСС определяется из выражения

$$P_{ФСС} = \left(30 \cdot \frac{E}{E_{мод}}\right) \cdot P_{мод}, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где E – среднесуточное потребление электроэнергии объектом электроснабжения, кВт·ч.

В таблице 4 даны среднемесячные дневные суммы солнечной радиации, месячные и суммарные годовые значения солнечной радиации (кВт·ч/м²) для городов и этрапов Ахалского веляята Туркменистана, а также с градацией по различным углам наклона поверхности солнечных панелей относительно горизонтальной поверхности.

Рассмотрим районы Ахалского веляята на предмет возможностей и целесообразности установки солнечных электростанций в частном секторе, а также рассмотрим возможность использования ФСС в населенных пунктах, изолированных от центрального энергоснабжения. В таблице 4 приведены данные среднегодовых значений интенсивности солнечного излучения, падающего на наклонную поверхность солнечной батареи при различных углах наклона к горизонту для районов Ахалского веляята [4].

Определяем по формуле (2) общее количество электроэнергии, которое может выработать один солнечный модуль. Для солнечного модуля с мощностью 415 Вт величина $W_{пан}$ составит 35,029 кВт·ч для Гокдепинского этрапа, 35,3 кВт·ч для Бахерденского этрапа, 35,875 кВт·ч для Тедженского этрапа и 35,607 кВт·ч для г. Ашгабат соответственно (месяц сентябрь).

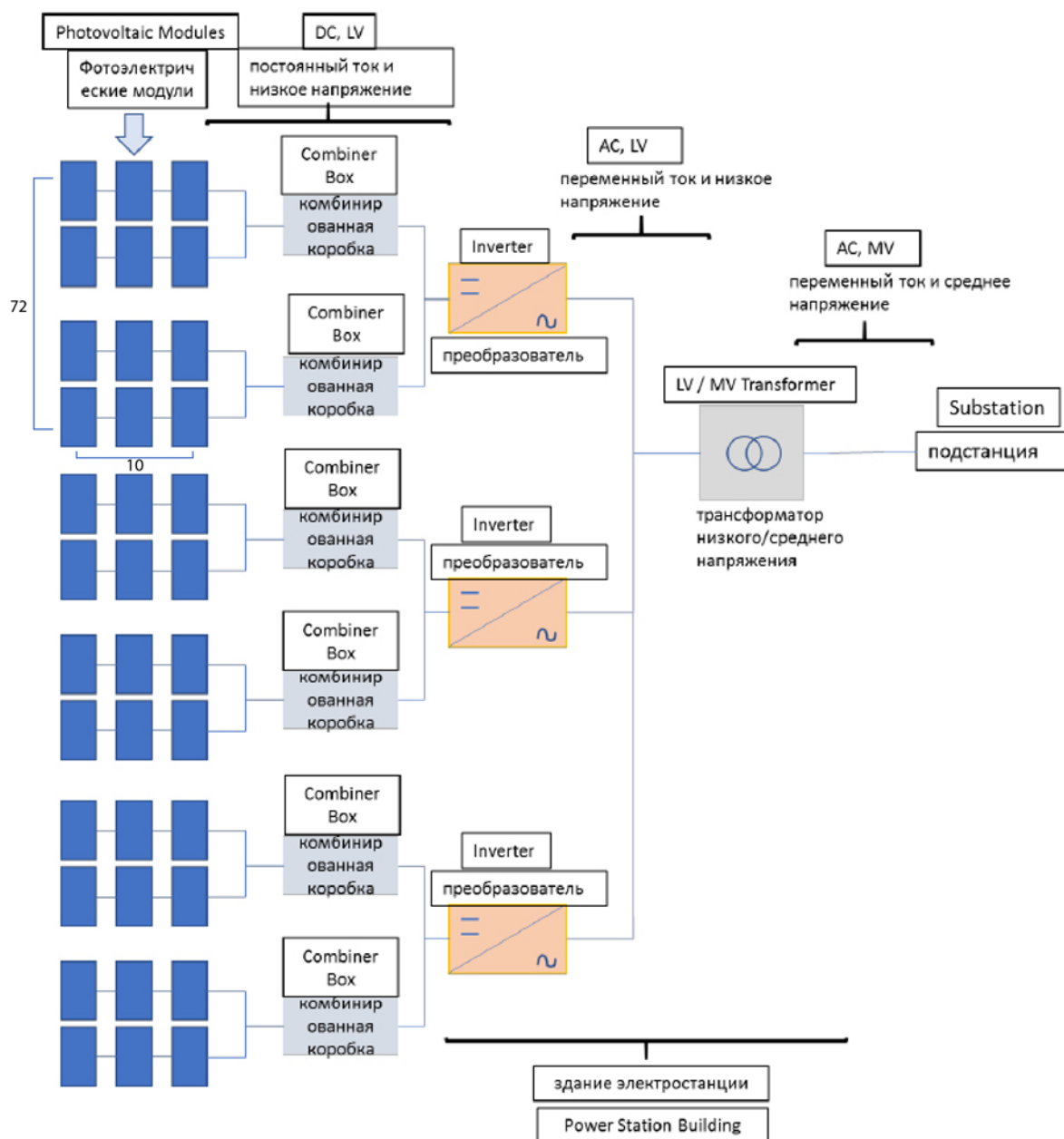


Рисунок 1 – Электрическая схема ФСС

Таблица 4 – Среднегодовая суммарная радиация, поступающая на наклонную поверхность солнечного модуля

Велаят в Туркменистане	Город или этрап	Географические координаты, градусы		Среднегодовая суммарная радиация поступающая на наклонную поверхность солнечного модуля, кВт·ч/м ²	
		Северная широта	Восточная долгота	Угол наклона $\beta = 36^0$	Угол наклона $\beta = 38^0$
Ахал	Гокдепе	38,2	58,0	1803,932	1802,125
	Бахерден	38,4	57,4	1789,887	1785,711
	Ашгабат	37,9	58,3	1825,455	1816,144
	Теджен	37,4	60,5	1844,2	1827,226

При среднесуточном потреблении электроэнергии 2655 кВт·ч (Ахалский велаят Гокдепинский этрап село Кирпили), необходимая полная мощность ФСС рассчитанная по формуле (3) составит около 936 кВт. Для энергоснабжения выбран ФСС с мощностью 900 кВт (таблица 5).

Таблица 5 – Основные характеристики ФСС 900 кВт в селе Кирпили

1.	Мощность ФСС	900 кВт
	Количество основных базовых блоков	3
	Мощность основного базового блока ФСС	300 кВт
2.	Мощность фотоэлектрического модуля	415 Вт
3.	Количество фотоэлектрических модулей	2160
4.	Количество фотоэлектрических модулей соединенных последовательно в ряду	10
5.	Количество рядов	216
6.	Площадь фотоэлектрических модулей	4671 м ²
7.	Количество инверторов	3

Сравним выработку электроэнергии ФСС с необходимым для энергоснабжения сельской местности, т.е. для села Кирпили. Приход солнечной энергии на оптимально ориентированную площадку с углом наклона $\beta = 36^\circ$ на широтах расположения ФСС E_β показан в таблице 4. Потери η_p на ФСС составляют до 25 %, а КПД η_{inv} преобразования из постоянного в переменный ток составляет 98,95 %, принятый КПД η_m солнечного модуля 19,25 %. В этих условиях удельная выработка ФСС определяется по формуле

$$E_{udel,\beta} = E_\beta \cdot \eta_p \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_m \quad (4)$$

В нашем случае удельная выработка ФСС с учетом наклона β в течении года составляет 254,538 кВт·ч/м² год, а ФСС в течении года будет производить 1188950,32 кВт·ч энергии. Если считать, что каждый дом в сутки потребляет 15 кВт·ч энергии, то годовое потребление энергии села Кирпили составит 969075 кВт·ч. Электрическая схема ФСС показана на рисунке 1

Выводы

1. Предлагается методика проектирования фотоэлектрических солнечных станций для энергоснабжения удаленных населенных пунктов.
2. Разработан пилотный проект основного базового блока ФСС 300 кВт.
3. Разработан пилотный проект ФСС с мощностью 900 кВт для обеспечения энергоснабжения населенного пункта Кирпили.
4. Разработанный пилотный проект на базе основного базового блока ФСС 300 кВт позволяет повысить надежность и эффективность системы энергоснабжения.

Список использованных источников:

1. Мхитарян Н. М., Кудря С. О., Яценко Л. В., Шинкаренко Л. Я., Ткаленко М. Д., Будько В. И. Комплексное использование энергии возобновляемых источников // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. №17(139), 2013. P.14-22.
2. Türkmenistanyň Prezidentiniň Karary bilen tassyklanan «Türkmenistanda 2030-njy ýyla çenli gaýtadan dikeldilýän energetikany ösdürmek boýunça Milli Strategiýa. Aşgabat, 2020ý. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2020-nji ýulyň 04-nji dekabrynda çykaran 2007-nji Karary bilen tassyklandy.
3. PVsyst Contextual Help (Built in Software) [электронный ресурс] //URL:<https://files.pvsyst.com/help/>(дата обращения 12.04.2019).

4. Джумаев А. Я. Возможности использования солнечной энергии в регионах Туркменистана. // Вестник Гомельского Государственного технического университета имени П.О. Сухого. Научно-технический журнал. №3/4 (82,83), 2020. С.74-80.

Назаров С. Г., Рахимов М. Р., Якубов М. С.

О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕПЛИЦЕ

Государственный энергетический институт Туркменистана

Предлагается оптимальная математическая модель использования теплоты продуктов сгорания в электростанциях. Горячая вода с температурой от 40 °С до 55 °С, получаемая при вторичном использовании продуктов сгорания с помощью специальной конструкции, может быть использована для обогрева теплиц и помещений [1, см. библиографию]. Предлагаемая в данной работе математическая модель, позволяет построить оптимальную модель процесса установления оптимальной температуры для отопления теплиц.

Рассмотрим одномерную задачу определения оптимальной температуры $u \equiv u(t, x)$ движущейся жидкости по трубе в теплице [1]

$$u_t - au_{x^2} + wu_x + k(t)u = f + f_1, \quad (x, t) \in Q_T, \quad (1)$$

где a – коэффициент теплопроводности, $k(t)$ – коэффициент, характеризующий скорость температуропроводности внешней среды, w – скорость движения жидкости, u – температура жидкости (воды).

Определим начально-граничные условия

$$\begin{cases} u(0, x) = c(x), & x \in (0, l) \\ u(t, 0) = g(t), & u(t, l) = 0, t \in (0, T) \end{cases} \quad (2)$$

где $t \in [0, T]$; $x \in \Omega = (0, l)$, граница $\partial\Omega = S = \{x = 0, x = l\}$, $Q_T = (0, T) \times (0, l)$, $S_T = S \times [0, T]$; $f_1 = f_1(t, x)$ – постоянно действующая сила, учитывающая температуры внешней среды (воздуха, охлаждающей или подогревающей воды, формы и виды защиты теплицы, интенсивности солнечной радиации и другие параметры); $f = f(t, x)$ – регулируемая внешняя сила (например, геометрическая форма трубы, поверхность нагрева специально создаваемой шероховатостью для интенсификации теплоотдачи при турбулентном течении теплоносителя (воды), температура подаваемой воды, и др.), в граничных условиях (2) функции $g(t)$ – например, регулируемая температура подаваемой воды на границе, т. е. в левом конце трубы, др.

В качестве управляющих параметров принимаем функции f, g из ограниченного множества их значений: $-N_1 \leq f(t, x) \leq N_2, -N_3 \leq g(t) \leq N_4$. Считается, что скорость w жидкости известна и постоянна [1]. Сформулируем задачу оптимального моделирования процесса теплопередачи. Требуется найти управляющие функции $f(t, x) = f(t, u), g(t) = g(t, u)$, как функции состояния $u = u(t, u)$ и такие, что в конечный момент времени $t = T$ (T – фиксирован) функционал

$$\mathcal{E}[u(T, x)] = \int_0^l [u(T, x) - \psi(x)]^2 dx = \|u_T - \psi\|^2, \quad (u_T = u(T, x); t_0 = 0), \quad (3)$$

принимал минимальное возможное значение. Здесь $\psi = \psi(x)$ – заданная функция. По определению положим

$$S[t, u(t, x)] = \min_{\substack{-N_1 \leq f(x, \tau) \leq N_2; -N_3 \leq g(\tau) \leq N_4 \\ t \leq \tau \leq T}} \mathcal{E}[u(T, x)].$$

Тогда $S[t_0, u(t_0, x)]$ будет минимальное значение функционала (3). Для определения функционала $S[t, u(t, x)]$ получено уравнение Беллмана [2]

$$-\frac{\partial S}{\partial t} = \min_{p, f} \{ a(u, \vartheta_{x^2}) - (u, k\vartheta) + (f + f_1, \vartheta) + ag(t)\vartheta_x(t, 0) \}, \quad (4)$$

$$S[T, u(T, x)] = \mathcal{E}[u(T, x)], \quad (5)$$

где (u, ϑ) – скалярное произведение элементов $u, \vartheta \in L_2(0, l)$, $\vartheta = \vartheta(t, x)$ – функциональная производная Фреше функционала Беллмана S . Из функционального уравнения (4) видно, что оптимальные значения управляющих параметров f, g может достичь при условии, что

$$\tilde{f}(x, t) = \begin{cases} -N_1, & \text{если } \vartheta(t, x) > 0 \\ N_2, & \text{если } \vartheta(t, x) < 0 \end{cases}, \quad (6)$$

$$\tilde{g}(t) = \begin{cases} -N_3, & \text{если } \vartheta_x(t, 0) > 0 \\ N_4, & \text{если } \vartheta_x(t, 0) < 0 \end{cases}.$$

Покажем один способ приближенного решения задачи оптимального моделирования, основанного на способе многошагового процесса метода динамического программирования. Положим $t = T$, тогда значение функционала S не зависит от управления. Так как по условию (5) значение $S[T, u(T, x)]$ задано, то вычисляем дифференциал Фреше: $\Delta S[T, u(T, x)] = \Phi(T, u(T, x); h) + 0(h)$, где $\Phi(T, u(T, x); h)$ можно представить в виде линейного функционала. Используя условие (5) получаем, что $dS[T, u(T, x)] = d\mathcal{E}[u(T, x)]$. Согласно определению функционала $\mathcal{E}[u(T, x)]$ находим, что $d\mathcal{E}[u(T, x)] = 2 \int_0^l [u(T, x) - \psi(x)]h(x) dx$. Таким образом, $\vartheta(T, x) = 2[u(T, x) - \psi(x)]$, $\vartheta_x(t, 0) = 2[u_x(T, 0) - \psi_x(0)]$. Используя найденные значения $\vartheta(T, x)$ и уравнения (1), получим явное выражение функциональной производной Фреше функционала Беллмана $S[t, u(t, x)]$ на элементе $u(T, x)$.

Теперь переходим ко второму этапу приближенного решения задачи оптимизации температуры. Берем некоторое малое Δt и вычисление производим для определения $\vartheta(T - \Delta t, x)$ в момент времени $T - \Delta t$. Величину $u(T - \Delta t, x)$ заменим на $u(T - \Delta t, x) + h(x)$, $h(0) = h(l) = 0$. Используем выражение для $S[T - \Delta t, u(T - \Delta t, x)]$. С другой стороны, разница $S[T - \Delta t, u(T - \Delta t, x) + h(x)] - S[T - \Delta t, u(T - \Delta t, x)]$ без учета малых величин высшего порядка дает интеграл следующего вида $\int_0^l a(T - \Delta t, x)h(x) dx$. Тогда можно $\vartheta(T - \Delta t, x) = a(T - \Delta t, x)$. В итоге получим выражение вида: $\vartheta(T - \Delta t, x) = 2u(T, x) - 2\psi(x) - 2\{a[2u_{x^2}(T, x) - \psi''(x)] - w\psi'(x) - k(T)[2u(T, x) - \psi(x)] + \tilde{f}(T, x) + f_1(T, x)\} \Delta t$.

Подставляя теперь значения функции $\vartheta(T - \Delta t, x)$ в формуле (6) определяем, $\tilde{p}(T - \Delta t)$. Таким образом, последовательно можно построить функционал $S[t, u(t, x)]$ при любом $t \in [t_0, T]$, следовательно, при любом $t \in [t_0, T]$ определяется функция $\vartheta(t, x)$. Подставляя значение $\vartheta(t, x)$ в (6), находим закон управления в любой момент времени.

Программа приближенного решения задачи об оптимальной температуре в теплице

Приведем графическую иллюстрацию оптимальной траектории для первого приближения при $l = 1$ и специально заданных функций. Используем условие (6). Численные значения решения оптимального моделирования получены с помощью программы Matlab R2016a. Положим: $a = 0.6$, $f_1 = \exp(x + t) * \sin t$, $k(t) = 0.3 + 0.1 * t$; $\psi(x) = 40 - 2 * x$; $N_1 = -2$; $N_3 = 45$; $N_4 = 55$; $N_2 = 10$;

```
function Heatoptimization1D
a = 0.60; m = 0; N1 = -2; N3 = -45; N4 = 55; N2 = 10;
clc
global sert;
options = odeset ('RelTol', 1e-2, 'Abstol', 1e-2);
function wFun = w (x, t)
    wFun = 4;
end
function kFun = k (t)
    kFun = 0.3 + 0.1 * t;
end
function f1Fun = f1 (x ,t)
    f1Fun = exp (x + t) * sin (t); % external force (refers to pipe geometry, etc.)
end
function cFun = c0 (x)    % initial condition
    cFun = -10;
end
function [c,f,s] = heatpde (x, t,u, dudx)
    function f0Fun = f0 (x, t)
        function psixFun = psix (x)

            psixFun = 40 - 2 * x;
        end
        if (u - psix (x) ) >0
            f0Fun = -N1;
        end
        if (u - psix (x) ) <= 0
            f0Fun = N2;
        end
    end
    function sertFun=sert (x,t)
        sert = dudx - diff (psix (x), x);
    end
    c = 1;
    f = a * dudx;
    s = -w (x, t) * dudx - k (t) *u + f0 (x, t) + f1 (x, t);
end

function u0Fun = heatic (x)
    u0Fun = c0 (x);
```

```

end
function [pl, ql, pr, qr ] = heatbc (xl, ul, xr, ur, t)
function gFun = g (t)
if sert (0,t) > 0
pl = ul + N3;
end
if sert (0,t) <= 0
pl = ul - N4;
end
end
pr = ur;
ql= 0;
qr =0;
end
x = linspace (0, 1, 100);
t = linspace (0, 1, 100);
sol = pdepe (m, @ heatpde, @ heatic, @ heatbc, x, t, options);
u = sol (:,:,1)
figure (1);
plot (x, u);
title ( ' Optimum temperature conditions ' )
ylabel ( ' Temperature ' );
xlabel ( 'x ' );
figure (2);
mesh (t, x,u)
title ( ' Numerical solution of heat transfer ' )
xlabel ( 'x ' )
ylabel ( 't' )
zlabel ( ' Temperature ' )
end

```

Укажем графики оптимального режима.

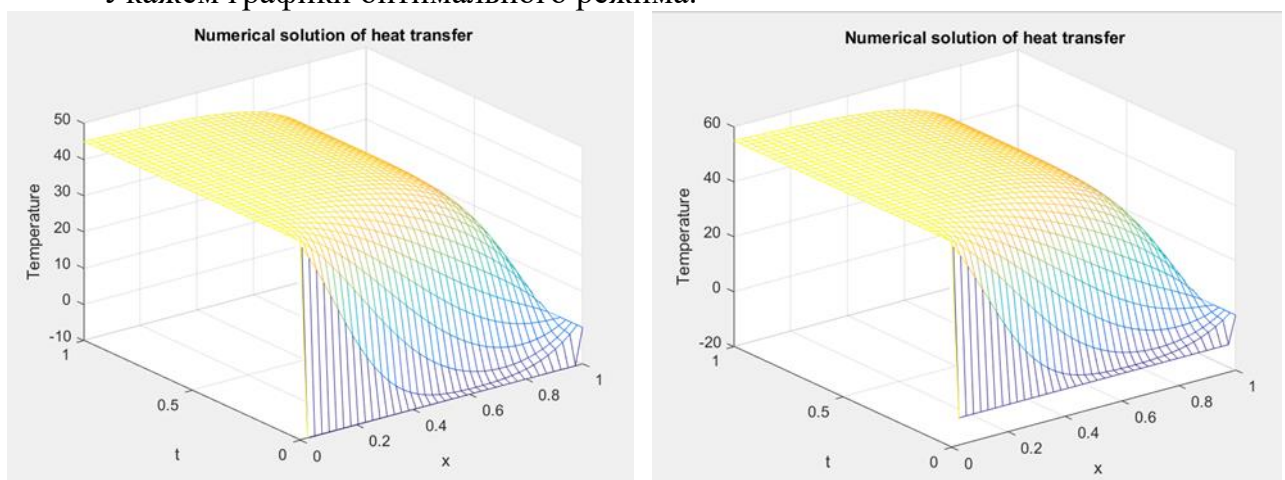


График 5.1 – Трехмерный график численного решения задачи об оптимальной температуре в теплице: рисунок а) $g(t) = 45$; б) $g(t) = 55$.

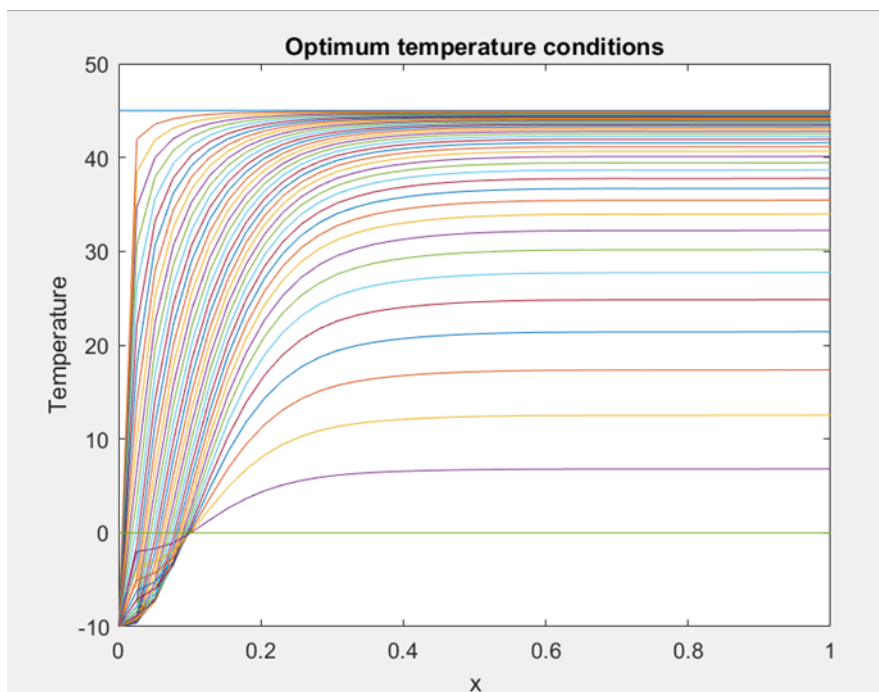


График 5.2 ($g(t) = 45$) – Двухмерный график численного решения задачи оптимальной температуры в теплице

Список использованных источников:

1. М. Рахимов, Оптимальное моделирование процессов теплопередачи и колебаний. Методы динамического программирования и спектрального разложения, научная монография, LAP, LAMBERT Academic Publishing, ISBN:978-620-3-30910-2.

**Веремейчик А. И., Парфиевич А. Н., Томашев И. Г., Сазонов М. И.,
Хвисевич В. М.**

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КИСЛОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ

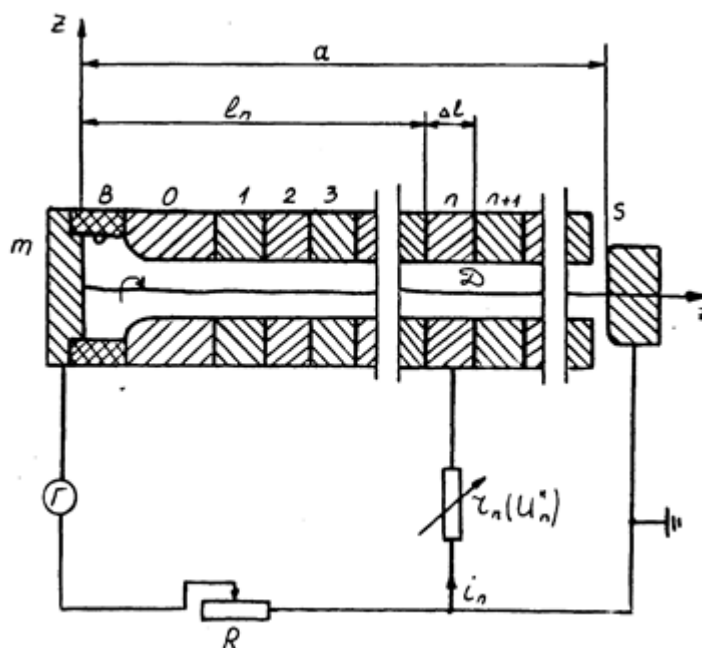
Брестский государственный технический университет. кафедра прикладной механики

Введение. Электродуговые нагреватели газа (плазмотроны) широко применяются для стационарного нагрева газовых сред до состояния низкотемпературной плазмы 10000 К. Использование их в промышленных технологиях обеспечило разнообразие конструктивных решений плазменных устройств. Энергетические и электрофизические характеристики плазмотронов определяются главным образом геометрическими и газодинамическими параметрами разрядной камеры [1–8]. Генераторы кислородной плазмы находят применение в металлургии, химической промышленности, например, получение двуокиси титана и озонирование, а также могут применяться для получения озона в различных областях.

Методика теоретических и экспериментальных исследований. С целью получения исходных данных для моделирования и разработки плазмотрона,

предназначенного для производства озона, были проведены исследования напряженности электрического поля дуги, горящей в кислороде. Характер горения определяется скоростью обтекания дуги газом. Как известно, при числе Рейнольдса $Re < 2000$ дуга горит в ламинарном потоке газа, а при $Re > 2000$ горение дуги реализуется в турбулентном потоке. Режимы обтекания дуги сильно влияют на процессы преобразования электрической энергии в тепловую.

Исследования дуги проводились на экспериментальном плазмотроне с фиксированной длиной дуги и геометрически подобными электроразрядными камерами, причем внутренним электродом служил циркониевый катод диаметром 2 мм, заделанный заподлицо в медную обойму.



s, m – электроды, 1, 2, 3, ... ,n, n+1 – секции вставки, Г – источник электропитания, R – балластное сопротивление

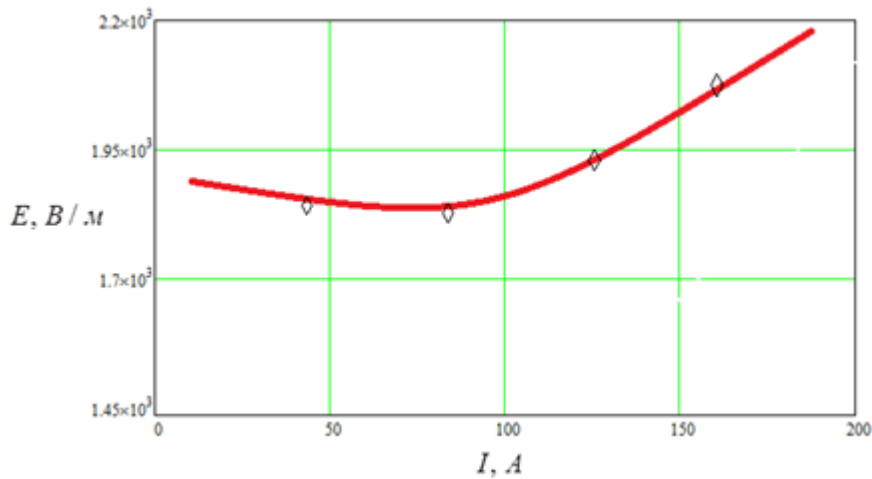
Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Напряженность электрического поля вдоль дуги E_H определена методом измерения потенциалов изолированных друг от друга секций [4]. Напряженность электрического поля дуги определялась по наклону кривой распределения потенциала вдоль оси z . Диапазон изменения параметров при исследовании дуги в кислороде указан в таблице 1.

Таблица 1 – Диапазон изменения параметров при исследовании дуги в кислороде

Диаметр разрядной камеры d , м	0,01	0,02	0,03
Толщина секции Δl , м	0,0105	0,011	0,0206
Длина камеры a , м	0,154	0,252	0,358
Ток I , А	30–180	30–180	30–180
Расход кислорода G , г/с	2–4	2–4	2–4

На рисунке 2 изображена типичная зависимость напряженности электрического поля дуги от тока I при расходе газа $G = 4$ г/с.



Рисисунок 2 – Напряженность электрического поля дуги в потоке кислорода при $d = 0,01$ м, $G = 4$ г/с

На основе теории подобия разработана методика расчета плазмотронов для нагрева кислорода. Учитывая особенности горения дуги в кислороде, обобщенную зависимость напряженности электрического поля от основных критериев будем искать в виде

$$E_H = c \left(\frac{G}{d} \right)^\beta (pd)^\gamma \left(c_0 + c_1 \frac{I}{d} + c_2 \frac{I^2}{d^2} \right), \quad (1)$$

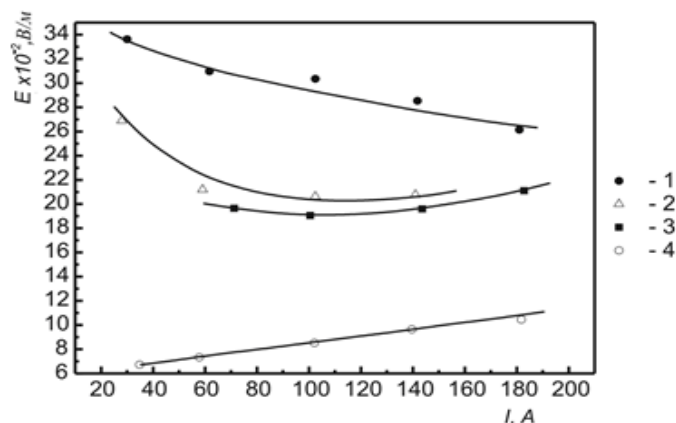
где $c, \beta, r, c_0, c_1, c_2$ – вариационные константы, p – давление газа.

Путем обработки результатов экспериментов и их обобщения получена следующая критериальная формула для расчета E_H дуги в потоке кислорода [11]

$$E_H = 3,17 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{G}{d} \right)^{0,15} \cdot (pd)^{0,13} \cdot \left(347 - 1 \cdot 10^{-2} \frac{I}{d} + 9,26 \cdot 10^{-2} \frac{I^2}{d^2} \right). \quad (2)$$

Размерности величин в этой формуле следующие: E – В/м, G – кг/с, I – А, d – м, p – Па. На основе формулы (2) выполнен расчет вольт-амперных характеристик (ВАХ) плазмотрона.

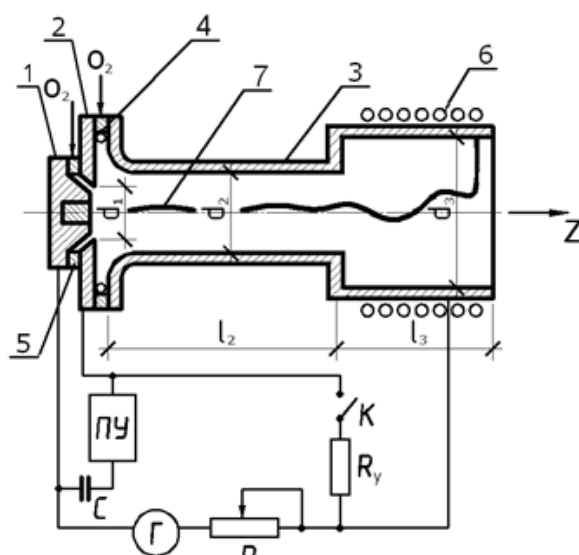
Для сравнения электрического поля вдоль дуги в вихревых потоках различных газов проведены исследования вольт-амперных характеристик дуги [4, 5]. На рисунке 3 приведены вольт-амперные характеристики дуги для различных газов при $d = 0,01$ м, $G = 4$ г/с.



1 – гелий, 2 – азот, 3 – воздух, 4 – аргон

Рис. 3 – Напряженность электрического поля дуги для различных газов

На основе разработанной методики с использованием критериальной формулы (2) разработан и сконструирован плазмотрон. Схема плазмотрона, его электропитания и поджига приведена на рисунке 4. Основными элементами плазмотрона являются циркониевый катод 1, поджигающий электрод 2 и ступенчатый анод 3. Поджигающий электрод выполнен из меди в виде секции-шайбы с внутренним диаметром $d_1 = 16$ мм. Медные ступенчатые аноды имели диаметры $d_2 = 8$ мм и $d_3 = 16$ мм, длину $l_2 = 30-50$ мм. Длина анода $l = l_2 + l_3$ изменялась от 90 до 150 мм. Для уменьшения эрозии рабочей поверхности анода установлен навитый из медной трубки соленоид 6. Создаваемое им осевое магнитное поле (0,06 – 0,08 Тл), обеспечивает такие скорости вращения замыкающего радиального участка дуги, при которых ресурс работы анода достигает свыше 1000 часов. Катод, поджигающий электрод, анод и соленоид интенсивно охлаждаются химически очищенной водой. Вода подается в систему охлаждения плазмотрона под давлением 10–15 атм. Для расчета тепловых потоков в электроды определяли температуру воды на входе и выходе из плазмотрона при помощи хромель-копелевых термопар с записью показаний прибором ЭМП – 109 АИ.



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

Давление кислорода перед расходомерами на входе плазмотрона составляло $(4...8) \cdot 10^5$ Па. Расход газа измерялся приборами типа ПВ–1033, а его плавная регулировка осуществлялась автоматическими приборами типа ДМПК–100. В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 50 мм, подавался кислород (расход 0,1 – 0,2 г/с). Во вторую камеру закрутки, расположенную между поджигающим электродом и анодом, газ поступал через 4 тангенциальных отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Суммарный расход кислорода варьировался от 0,5 до 2,4 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществлялось от источника питания с номинальным током 600 А и напряжением 900 В. Т.к. его внешняя электрическая характеристика жесткая, а ВАХ дуги падающая из-за неустойчивого горения дуги, в силовую цепь последовательно с дугой с целью обеспечения устойчивого ее горения включено изменяющееся ступенчато балластное сопротивление R . Поджиг плазмотрона осуществлялся при помощи высоковольтного высокочастотного осциллятора с подачей напряжения на поджигающий электрод 3. Между

поджигающим электродом и анодом через контактор включено сопротивление $R_y=10\text{--}20$ Ом. Такая схема включения осциллятора в электрическую цепь питания плазмотрона позволяла исключить попадание ВЧ-напряжения в силовую цепь питания и обеспечивала тем самым надежную защиту выпрямителя от перенапряжения. Соленоид 6 включен в цепь электропитания последовательно с дугой.

Запуск плазмотрона осуществляется в следующем порядке: устанавливают рабочий расход кислорода; после этого при включенном контакторе K подают напряжение от выпрямителя G и далее включается осциллятор, обеспечивающий пробой зазора (1,5 мм) между катодом и поджигающим электродом. Образовавшийся искровой канал служит основой для развития вспомогательной дуги, ток которой равен 10–15 А и регулируется изменением величины R_y . Под действием потока газа слабощелочная дуга выдувается из зазора. Катодное пятно устанавливается на катоде, анодное - перемещается к кромке электрода 2, а образующийся высокотемпературный факел снижает напряжение пробоя между катодом и анодом; существующая разность потенциалов между ними обеспечивает пробой и поджиг основной дуги. Ток в основной цепи регулируется балластным реостатом R . Далее радиальный участок дуги потоком газа, подаваемого в основную вихревую камеру, сносится за уступ, а столб дуги устанавливается на оси разрядной камеры. После запуска плазмотрона сопротивление R_y отключают контактором K , а реостатом R устанавливается и стабилизируется необходимый рабочий ток силовой дуги. Запуск плазмотрона производится при токе дуги 200–300 А.

Проведены исследования ВАХ плазмотрона. Результаты экспериментов подтвердили необходимость поддержания тангенциальной скорости закрутки кислорода и плавного (безотрывного) перехода от кольца закрутки к внутреннему диаметру электрода с целью обеспечения газодинамически устойчивого горения дуги. В экспериментах также было установлено, что дуга в плазмотроне рассматриваемой схемы горит с меньшими пульсациями напряжения по сравнению с дугой с самоустанавливающейся длиной, горящей в цилиндрическом канале без уступа.

Одновременно с исследованием вольт-амперных характеристик дуги проводились измерения тепловых потоков в элементы плазмотрона: катод, анод и поджигающий электрод. Это позволило вычислить тепловой к.п.д. плазмотрона, энтальпию и среднemasсовую температуру T газа в зависимости от величины тока дуги и длины анода при различных расходах газа. Установлено, что тепловой к.п.д. равен 0,6–0,7, а рассчитанная температура достигает 4200 К. В таблице 2 приведены основные технические характеристики разработанного плазмотрона.

Таблица 2 – Технические характеристики плазмотрона

№ п/п	Параметр	Характеристика
1.	Мощность плазмотрона, кВт	до 30
2.	Рабочий газ	кислород
3.	Род тока	постоянный
4.	Ток дуги, А	до 140
5.	Расход кислорода, г/с	до 3,2
6.	Давление газа на входе в плазмотрон, Па	$5 \cdot 10^5$
7.	Охлаждение	водяное
8.	Тепловой к.п.д.	0,6–0,7
9.	Ресурс катода, час	7
10.	Ресурс анода, час	200
11.	Расход воды на охлаждение, г/с	60
12.	Габаритные размеры, мм	125×250
13.	Масса, кг	0,9

Заключение. Проведены исследования напряженности электрического поля дуги, горящей в кислороде. Выполнен расчет ВАХ плазмотрона с использованием полученной эмпирической формулы для расчета напряженности электрического поля дуги. На основе созданной методики разработана оригинальная конструкция и сконструирован генератор низкотемпературной плазмы кислорода, определен тепловой к.п.д. плазмотрона, энтальпия и среднемассовая температура газа в зависимости от определяющих параметров при различных расходах кислорода. Полученные экспериментальные данные и инженерные решения могут служить исходными для проектирования промышленных плазменных установок различной мощности.

Список использованных источников:

1. Жуков, М. Ф. Прикладная динамика термической плазмы / М. Ф. Жуков, А. С. Коротеев, Б. А. Урюков. – Новосибирск: «Наука» СО АН. – 1975. – 299 с.
2. Даутов, Г. Ю. Напряженность электрического поля в стабилизированной вихревой дуге / Г. Ю. Даутов, М. И. Сазонов. – ПМТФ, № 4, 1967. – С. 127–131.
3. Бублиевский, А. Ф. Критериальные зависимости для безрасходных электрических дуг в канале / А. Ф. Бублиевский // ИФЖ. – 1997. – Т. 70, № 1. – С. 99–104.
4. Веремейчик, А. И. Исследование электрической дуги в потоке гелия в сильноточном плазмотроне / А. И. Веремейчик, М. И. Сазонов, Д. Л. Цыганов // Приборы и техника эксперимента. – 2006. – № 5. – С. 99–102.
5. Батрак, В. В. Исследование электрической дуги в потоке аргона / В. В. Батрак, А. И. Веремейчик, М. И. Сазонов, В. М. Хвисевич // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. – 2008. – № 4 : Машиностроение. – С. 26–28.
6. Жуков, М. Ф. Электродуговые генераторы термической плазмы / М. Ф. Жуков, И. М. Засыпкин, А. Н. Тимошевский. – Новосибирск: Наука, СП РАН, 1999. – 712 с.
7. Разработка генератора низкотемпературной плазмы с расширяющимся каналом и некоторые его применения: дис. в виде науч. докл. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук: 01.02.05; 05.16.01 / Исакаев М.-Э. Х. – М., 2002. – 89 с.
8. Радько, С. И. Устройство электродугового плазмотрона и моделирование его энергетических характеристик С. И. Радько, Э. К. Урбах // Доклады ТУСУРа, № 1 (25). Ч. 1. – 2012. – С. 212–215.
9. Гаджиев, М. Х. Мощный генератор низкотемпературной плазмы воздуха с расширяющимся каналом выходного электрода / М. Х. Гаджиев, Э. Х. Исакаев, А. С. Тюфтяев, Д. И. Юсупов. – Письма в ЖТФ, 2016, т. 42, вып. 2. – С. 44–49.
10. Rutberg Ph. G., Bratsev A. N., Safronov A. A. et al. // IEEE Trans. Plasma Sci. 2002. – V. 30, № 4. – P. 1445–1448.
11. Высокопроизводительный плазменный генератор для процесса озонирования сточных вод / А. И. Веремейчик [и др.] // Перспективные методы очистки природных и сточных вод : сборник статей региональной научно-технической конференции, Брест, 26 сентября 2019 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ; редкол.: С. Г. Белов [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – С. 60–63.

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

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Брестский государственный технический университет, старшие преподаватели кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

При проектировании и строительстве систем вентиляции и кондиционирования воздуха должны предусматриваться энергоэффективные технические решения, энергосберегающие технологии и оборудование, обеспечивающие рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также применение энергии возобновляемых источников и местных видов топлива с учетом экономической целесообразности и экологической обстановки [1].

Энергоэффективность — эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов, использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве. Это позволяет достичь экономически оправданной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды. В отличие от энергосбережения (сбережение, сохранение энергии), главным образом направленного на уменьшение энергопотребления, энергоэффективность — это полезное и эффективное расходование энергии.

При разработке мероприятий, способствующих эффективному использованию ТЭР при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха, следует обратить внимание на следующие направления повышения энергоэффективности этих систем: создание и использование более экономичных и совершенных систем вентиляции, кондиционирования и оборудования для них, а также утилизация теплоты вентиляционных выбросов в зданиях различного назначения [2]. Снижение расходов энергии в системах инженерного обеспечения зданий теплотой и воздухом основывается на комплексном рассмотрении факторов, определяющих возможности экономии и позволяющих минимизировать все потери, а также создать условия совпадения по времени режимов количества выработанного и потребленного тепла.

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 [3].

Мероприятия, применяемые при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха, позволяющие повысить энергоэффективность систем:

Снижение аэродинамического сопротивления в воздуховодах путем устранения излишних местных сопротивлений, принятия наименьшей возможной длины воздуховодов и оптимальных скоростей движения воздуха.

Диаграмма влажного воздуха дает графическое представление о связи параметров влажного воздуха и является основной для определения параметров состояния воздуха и расчета процессов тепловлажностной обработки.

При построении процессов на I-d диаграмме и выборе технологической схемы обработки воздуха в центральном кондиционере необходимо стремиться к рациональному использованию энергии, обеспечивая экономное расходование холода, теплоты, электроэнергии, а также экономию площади, занимаемой оборудованием. С этой целью необходимо проанализировать возможность применения прямого и косвенного испарительного охлаждения воздуха, применять схемы с регенерацией теплоты удаляемого воздуха, при необходимости использовать первую и вторую рециркуляцию воздуха, схемы с байпасом, а также управляемые процессы. Вопрос выбора принципиальной схемы обработки воздуха может быть решен в ходе построения на I-d диаграмме процессов обработки воздуха в кондиционере [4].

Система рециркуляции воздуха, используемая в приточно-вытяжных установках, позволяет снизить энергопотребление на нагрев/охлаждение и увлажнение воздуха для получения оптимальных параметров воздуха в помещении [5].

При разработке систем центрального кондиционирования в зависимости от назначения системы могут предусматриваться схемы обработки: только наружного воздуха, смеси наружного воздуха с внутренним или только внутреннего воздуха. Для помещений, в которых по санитарно-гигиеническим условиям не допускается повторное использование внутреннего воздуха, предусматривают прямоточные СКВ, которые обрабатывают только наружный воздух. С экономической точки зрения выгоднее применять рециркуляцию. Системы центрального кондиционирования с первой рециркуляцией подмешивают рециркуляционный воздух к наружному перед теплообменником первого подогрева, что значительно снижает потребление тепла на первый подогрев. Вторая рециркуляция представляет собой подмешивание рециркуляционного воздуха к наружному воздуху, прошедшему обработку в воздухоохладителе или камере орошения. При этом отпадает необходимость включения в работу теплообменника второго подогрева в летний период.

Обработка только внутреннего воздуха используется редко, чаще всего в малых автономных кондиционерах. Центральные кондиционеры, работающие с рециркуляцией, комплектуются смесительной камерой, позволяющей подавать переменные объемы наружного и рециркуляционного воздуха.

Выбор той или иной компоновки зависит от многих факторов, в первую очередь, от назначения и режима использования помещений, конструктивных особенностей здания, а также от санитарно-гигиенических, эксплуатационных и экономических требований. Кроме стандартных типовых компоновок существует возможность создания собственной уникальной компоновки центрального кондиционера [4].

Система рекуперации воздуха, используемая в приточно-вытяжных установках, позволяет снизить энергопотребление на обработку воздуха. Используют рекуператоры с различными видами теплообменников: пластинчатым, роторным, на базе «тепловых трубок», с промежуточным теплоносителем.

Роторный теплообменник — это небольшое устройство цилиндрической формы, плотным образом заполненное продольными слоями гофрированной стали. Принцип и механизм действия работы роторного оборудования основаны на вращательных движениях барабана рекуператора, пропускающего первоначально теплый, а затем и холодный воздух. При этом происходит последовательное нагревание и охлаждение ротора, позволяющее передавать часть тепла поступательным холодным воздушным потокам. Подобный вид теплового утилизатора считается наиболее производительным и эффективным, является компактным относительно пластинчатого рекуператора. В лечебных учреждениях и организациях общепита его не устанавливают, т.к. он допускает смешивание встречных потоков воздуха на 5-7%. Роторный рекуператор

имеет более высокую эффективность, и, соответственно, стоимость, чем пластинчатый. Эффективность теплоутилизации регулируется путем изменения оборотов ротора. Ряд роторных теплообменников конденсационного типа осуществляют перенос как тепла, так и влаги, которая конденсируется на поверхности насадки в местах, имеющих температуру ниже точки росы. Роторные теплообменники гигроскопического типа переносят и тепло, и влагу, впитываемую насадкой с гигроскопическим покрытием. Роторные теплообменники сорбционного типа осуществляют в основном перенос влаги, для чего насадка с небольшой теплоемкостью покрывается слоем сорбента: солями лития, силикагелем. В зависимости от конструктивного исполнения роторные теплообменники обладают эффективностью до 80-85% [6].

Теплоизоляционные материалы. Все воздуховоды изолируются во избежание дополнительного нагрева (охлаждения) воздуха по пути к точке раздачи или забора. Также для уменьшения теплопотерь можно предусмотреть утепление наружных дверей, использование тамбура, что позволит снизить количество теплоты, затрачиваемой на нагрев врывающегося наружного воздуха.

Камеры статического давления позволяет хорошо сбалансировать систему вентиляции для ее бесшумной и энергоэффективной работы.

Энергоэффективные вентиляторы в приточно-вытяжных установках — персональное частотное регулирование электродвигателей вентиляторов с применением электроннокоммутируемых приводов (ЕС-двигатели), что обеспечивает низкое потребление электроэнергии.

Организация системы диспетчеризации, управления и учета производства и потребления тепловой энергии при помощи современных информационных технологий. Например, предусматривать автоматическое управление вентилятором, чтобы при достижении целевой температуры в помещении он автоматически переключается на низкую скорость. Автоматический перевод на режимы: «рабочее время» – «нерабочее», «режим выходного дня». А также внедрение графиков работы вентсистем: отключение в обеденное время, по окончании работы (дает экономию электроэнергии до 20%). Интегрированная автоматика управления обладает возможностью работы в различных режимах (контроль содержания углекислого газа CO₂, поддержание постоянного давления в системе воздуховодов, автоматический контроль климата, контроль загрязнения фильтров и т.д.). Могут быть использованы для контроля за эффективным использованием энергии и беспроводные сенсорные сети.

При проектировании системы вытяжной вентиляции (например, вытяжка из санузлов) удаление воздуха осуществляется посредством вытяжного канального вентилятора, включаемого от освещения и оснащенного автоматически открывающимися жалюзи с таймером [2]. Для повышения энергоэффективности местных кондиционеров, рекомендуется: использовать режим сна, когда установка работает на минимальных оборотах; пользоваться таймером, чтобы регулировать работу кондиционера в заданное время и экономить электроэнергию; использовать энергосберегающий режим. Применение инверторных кондиционеров с высоким показателем энергетической эффективности при работе на холод (EER) и на тепло (COP). Использование теплообменных аппаратов с трубками с внутренним рифлением, что обеспечивают более эффективный теплообмен, повышает продуктивность и энергоэффективность блоков.

В системах вентиляции и кондиционирования также может быть предусмотрен комбинированный подход к проектированию, так называемые центрально-местные системы. Приточно-вытяжная установка с рекуперацией тепла совместно с системой

чиллер-фанкойл — ПВУ осуществляет подготовку наружного воздуха до допустимых параметров, а до оптимальных параметров воздух доводит канальный фанкойл непосредственно в помещении [6]. Реализация указанных технологий позволяет в первую очередь минимизировать все потери и создает условия совпадения по времени режимов количества выработанного и потребленного тепла. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха, благодаря внедренным в них инновационным технологиям, потребляют умеренное количество электрической энергии. При их разработке основной акцент уделяется оптимальному количеству затрат на эксплуатационные расходы и эффективность инвестиций в энергосберегающие мероприятия, которая находится в прямой зависимости от стоимости энергии.

Список использованных источников

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19. – Мн. : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 68 с.
2. Табунщиков, Ю. А. Микроклимат и энергосбережение: пора понять приоритеты / Ю. А. Табунщиков // АВОК. – 2008. – №5. – С. 4-12.
3. Ключева Е.В., Янчилин П.Ф., Качество воздуха в жилых и общественных зданиях. Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 21 марта 2020 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2020. – С. 46-50.
4. Янчилин П.Ф., Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». ЧАСТЬ II Построение процессов обработки воздуха в центральном кондиционере. Брест: Издательство БрГТУ, 2022. – 45 с.
5. Ключева Е.В., Сальникова С.Р., Янчилин П.Ф., Особенности работы систем вентиляции в условиях распространения коронавирусной инфекции. Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 19 марта 2021 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: РУПЭ «Брестэнерго», 2021. – С. 47-50.
6. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учеб. пособие/ П.И.Дячек. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 676 с.

Публикации студентов и магистрантов

Янчилина И. В.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОДНОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

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

Отоплением называется искусственный обогрев помещений здания с помощью специальной установки или системы для компенсации теплотерь и поддержания в них температурных параметров на уровне, определяемом условиями теплового комфорта для находящихся в помещении людей. Для создания и поддержания теплового комфорта в помещениях зданий требуются технически совершенные и надёжные отопительные установки, работающие от электричества или на теплоносителе. Тепловая энергия, подаваемая в помещение системой отопления, передается внутреннему воздуху, и в то же время от внутреннего воздуха поток тепла через наружные ограждения направлен из помещения наружу. Баланс этих двух процессов обуславливает температуру внутреннего воздуха [1].

В данной работе сравним эксплуатационные затраты различных систем отопления для индивидуального многоквартирного жилого дома. Общие тепловые потери составили 5900 Вт.

Первый вариант системы отопления — комбинированная система водяного отопления, состоящая из напольного отопления и радиаторного отопления с горизонтальной разводкой труб и подпольной прокладкой трубопроводов.

У водяного отопления есть масса плюсов и минусов, которые сводятся к характеристикам теплоносителя — воды.

Достоинства водяной системы отопления с газовым котлом:

- низкая стоимость обслуживания и эксплуатации;
- высокая теплоемкость;
- большая часть теплоты в помещении передаётся путём излучения, что более комфортно для человека.

Недостатки водяной системы отопления с газовым котлом:

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

Исходя из расчёта теплотерь был выбран одноконтурный газовый котел VICTORY АОГВ 18ТО. Данный газовый котел — это конструктивно модульное устройство, включающее в себя группу безопасности и управления, циркуляционный насос, расширительный бак, теплообменник, газовую горелку, вентилятор для дымовых газов.

Часть дома будет отапливаться стальными панельными радиаторами «ЛИДЕЯ», подобранными в соответствии с тепловым расчётом. Остальные помещения — водяной тёплый пол. Оборудование для узла смешения распределительной гребёнки тёплого пола, а также термостатические клапаны подобрали фирмы HERZ-Armaturen.

Регулировка температуры будет осуществляться с помощью коммутатора и выносных датчиков температуры [2].

Второй вариант системы отопления — система электрического конвекторного отопления и электрического напольного отопления.

Достоинствами систем электрического отопления являются:

- малый расход материала;
- простота монтажа при сравнительно небольших капитальных вложениях;
- транспортабельность;
- управляемость в широких пределах с автоматизацией регулирования;
- возможность гибкого управления процессом получения теплоты позволяет создавать системы отопления, быстро реагирующие на изменение теплопотребности помещений.

К недостаткам электрического отопления относят:

- высокую температуру греющих элементов;
- повышенную пожарную опасность;
- теплопередача происходит путём конвекции (не так комфортно, как излучением);
- пожарные требования (расстояние до горючих материалов не менее 60 см, нельзя оставлять детей одних с включёнными электрическими приборами и т. д.).

Для сравнения затрат потребляемой энергии и топлива двух систем отопления произведем расчёт по денежным затратам по нескольким тарифам.

Для электрического отопления затраты посчитаем по двум тарифам:

- 1) Электрическая энергия для нужд отопления и горячего водоснабжения с присоединённой (суммарной) мощностью оборудования более 5 кВт (в часы минимальных нагрузок (с 23.00 до 6.00) – 0,1434 руб. за кВт*ч, остальное время суток – 0,2664 руб. за кВт*ч).
- 2) Электрическая энергия для нужд отопления и горячего водоснабжения в жилых домах (квартирах), не оборудованных в установленном порядке системами централизованного тепло- и газоснабжения, при наличии отдельного (дополнительного) прибора индивидуального расхода электрической энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения (с 1 января по 31 мая включительно – 0,0398 руб. за кВт*ч).

Для водяного отопления от газового котла — при наличии газового счётчика с 1 января по 31 мая – 0,1993 руб. за 1 м³, с 1 июня по 31 декабря – 0,2062 руб. за 1 м³. (в среднем за сезон – 0,2 руб. за 1 м³).

Расчёт произведён для одного отопительного периода (180 дней) при средних тепловых нагрузках на систему отопления, что составляет 6,5 кВт. Газовый котёл VICTORY АОГВ 18ТО при нагрузке 6,5 кВт расходует в среднем около 0,76 м³/ч газа. Расчёт эксплуатационных затрат сведём в таблицу 1

В результате получаем, что оплата за газ при водяном отоплении будет гораздо дешевле, чем за электроэнергию при электрическом отоплении. Если сравнить затраты на электроэнергию при различных тарифах, то можно сделать вывод что применение электрического отопления целесообразно только в том случае, если жилой дом не оборудован в установленном порядке системами централизованного тепло- и газоснабжения и обязательно наличие отдельного прибора индивидуального учёта расхода электрической энергии для нужд отопления. При таком тарифе цена за электрическое отопление получается в 5,8 раз больше, чем при отсутствии отдельного прибора индивидуального учёта расхода электрической энергии на нужды отопления.

На данный момент водяная система отопления с газовым котлом за сезон обойдётся в 2 раза дешевле, чем электрическая.

Таблица 1 – Эксплуатационные затраты.

Вид системы	Нагрузка, кВт	Расход газа, м ³ /ч	Время отопительного периода, дн.	Тариф	Денежные затраты за отопительный период, руб.
Водяное отопление от газового котла	6,5	0,76	180	0,2 руб. за 1 м ³	656,64
Электроотопление тариф 1	6,5	-	180	с 23.00 до 6.00 – 0,1434 руб. за кВт*ч, остальное время суток – 0,2664 руб. за кВт*ч	1174,5 + 5298,7 = 6473,2
Электроотопление тариф 2	6,5	-	180	0,0398 руб. за кВт*ч	1117,6

Данные расчёты необходимы для сравнения эксплуатационных затрат водяного отопления с электрическим для последующего выбора системы с учётом комфорта и экономии.

Список использованных источников:

1. Покотилов, В. В. Системы водяного отопления / В. В. Покотилов. – Вена : «HERZ Armaturen», 2008. – 161 с.
2. Технический каталог продукции компании «ГЕРЦ Арматурен», 2022.

Лущик В. О.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ КОТЕЛЬНЫХ

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

Все чаще для отопления зданий используются автономные системы теплоснабжения. Данная тенденция объясняется несколькими причинами. Во-первых, при использовании автономных систем значительно упрощается решение всех вопросов, связанных со строительством. Во-вторых, исключение необходимости ремонтно-восстановительных работ действующих тепловых трасс, на которые требуются огромные материальные ресурсы. В-третьих, автономные системы любого вида позволяют вести строительство там, где нет развитых тепловых сетей.

При выборе типа котельной главное внимание уделяется выбору энергоносителя, на котором будет работать теплогенератор. В настоящее время рынок энергоносителей представлен такими компонентами, как жидкое и твердое топливо, газ и, наконец, электричество.

Каждый из видов имеет свои достоинства и недостатки.

Дать ответы на вопросы о возможности, целесообразности и разносторонней обоснованности продолжения работы над конкретным проектом нам поможет технико-экономическое обоснование (ТЭО).

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) - рассмотрение нескольких вариантов системы теплоснабжения отдельных объектов или локальных районов и обоснование выбора из них наиболее оптимального по результатам сравнения технико-экономических показателей. [1]

В технико-экономическом обосновании выбора энергоносителя, прежде всего, осуществляется предпроектная проработка решений (технологических, инженерно-конструкторских, архитектурно-планировочных и строительных), рассматриваются альтернативные варианты и выбор наилучшего из них. Затем в ТЭО более детально рассматриваются и уточняются принятые вышеперечисленные показатели, а также вопросы природоохранных мероприятий.

На основе сравнения вариантов мы можем выбрать наиболее эффективные технические, организационные, экономические решения по эксплуатации и строительству объекта, включая определение расчетной стоимости строительства и основных технико-экономических показателей

1. Котельная на газу (рисунок 1). Газообразное топливо может быть природным и синтетическим. По своему составу это смесь газов, в которых могут присутствовать водяные пары, а также смолы и частицы пыли. Измеряется газ объемом в метрах кубических. Различается он по процентному отношению непосредственно газа к примесям. Самым распространенным видом топлива этой в категории, является природный газ. Для сжигания в топках используют как природный, так и сжиженный газ. Преимущество газовых котельных перед остальными заключается в том, что они имеют сравнительно высокий КПД, практически бесшумны, не требуют круглосуточного присутствия операторов и относительно безвредны для экологии. При сжигании газа почти отсутствуют твердые продукты горения, что положительно сказывается на эксплуатации котла. Немаловажную роль играет и то, что купить газовый котел можно относительно недорого. [2]



Рисунок 1 – Котельная на газообразном топливе

Из недостатков газа следует отметить его взрывоопасность. В связи с этим, проектирование и установка газовых котельных должны производиться в соответствии с нормативными документами, регламентирующими этот процесс. Использование сжиженного газа обойдется потребителю дороже. К тому же придется понести затраты на установку газгольдера – емкости для хранения сжиженного газа.

2. Котельные на жидком топливе (рисисунок 2). Жидкое топливо – это горючая жидкость различной степени вязкости, получаемая при перегонке нефти-сырца и применяемая для сжигания в топках котельных установок. Это топливо для котельных тоже различается по таким признакам, как зольность, процент содержания серы, вязкость и удельный вес. В эту же категорию входят и синтетические вещества. В качестве топлива для работы котельных применяют топливную нефть, мазут, соляр или отработанное машинное масло.

Теплогенераторы, работающие на дизельном топливе, не уступают по мощности и производительности газовым котлам. На них также может устанавливаться автоматическая система управления, делающая необязательным постоянное присутствие оператора. Однако такие котельные имеют ряд неприятных особенностей, которые надо учитывать при планировании их установки. Одна из них, это производимый при работе котельной шум. Для защиты от него приходится, либо нести дополнительные расходы на установку в котельной усиленной шумоизоляции, либо строить для нее отдельное помещение. Самым главным недостатком является высокая стоимость дизельного топлива по сравнению с природным газом. [2]



Рисунок 2 – Котельная на жидком топливе

3. Котельная на твердом топливе (рисунок 3). К твердому топливу относятся ископаемые горючие материалы, в основе которых лежит углерод. Это все виды углей и горючих сланцев, древесина и отходы ее переработки, а также торф. Кроме того, в настоящее время для сжигания в котельных установках используют переработанный бытовой мусор. Энергетическая ценность топлива зависит от его химического состава. Твердое топливо для котельных также делится в зависимости от метода его обработки на природное и обогащенное. В первую группу входят: различные виды углей, древесина и ее отходы, торф и пеллеты из соломы. Торф и уголь являются осадочными породами, образующимися из органических соединений под воздействием геологических процессов. Котельные, в которых в качестве энергоносителя используется твердое топливо, называются твердотопливными. Этот тип котельных можно использовать для обеспечения теплом объектов как жилищно-коммунальной сферы, так и промышленных. [2]

Главным достоинством таких теплогенераторов является невысокая стоимость твердого топлива и его доступность. Котельные этого типа незаменимы в местах, где

невозможно подключение к газопроводу. Транспортировка и хранение твердого топлива обходится дешевле, чем жидкого.

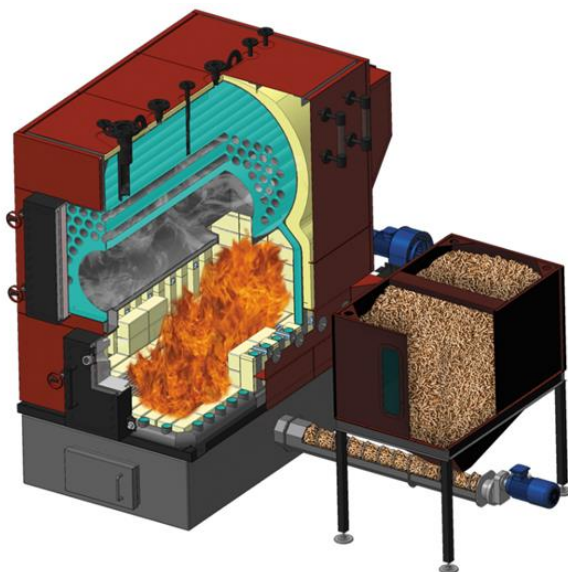


Рисунок 3 – Котел на твердом топливе

4. Электрические котлы (рисунок 4) имеют сравнительно небольшую цену, просты в монтаже, полностью исключают влияние на экологию. Однако высокая цена электроэнергии, а также большая потребляемая мощность, делают нерентабельной их установку на объектах с большой тепловой мощностью.



Рисунок 4 – Электрокотлы

Разработка ТЭО подразумевает сравнение минимум 2-х вариантов, возможных к применению в данном проекте, помогает выбрать нужное оборудование котельной, установить общую сумму капитальных затрат на строительство (реконструкцию) и эксплуатацию, определить сроки осуществления, дать комплексную финансово-экономическую оценку, сделать окончательный вывод о целесообразности проекта на основании полученных данных.

Список использованных источников:

1. ТКП 241-2018 «Порядок разработки технико-экономического обоснования выбора варианта теплоснабжения при возведении и реконструкции объектов». – Минэнерго. Минск, 2018. – 58с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroitelstvo-gid.ru/otoplenie/vidy-topliva-dlya-kotelnyh-ustanovok.html> - Дата доступа: 10.04.2023

Оразов И. К., Атаева Г. К.

ОПИСАНИЕ КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ НА ОСНОВЕ НАУЧНЫХ РАБОТ

*Инженерно-технологический университет Туркменистана имени Огуз хана.
Преподаватель кафедры киберфизических систем, студентка четвертого курса
специальности робототехника и мехатроника*

Аннотация. Квантовые компьютеры с 50–100 кубитами могут выполнять задачи, которые могут быть намного больше, чем возможности современных классических цифровых компьютеров, но шум в квантовых вентилях будет ограничивать размер квантовых схем, которые можно надежно выполнять. Квантовые технологи должны продолжать стремиться к более точным квантовым вентилям и, в конечном счете, к полностью отказоустойчивым квантовым вычислениям.

Введение. Квантовые вычисления настолько отличаются от информационных технологий, которые мы используем сейчас, что у нас есть лишь очень ограниченные возможности смотреть на их будущие приложения или предсказывать, когда эти приложения будут реализованы.

Суть и цель квантовых вычислений часто понимают неправильно. Контекст разработки квантовых компьютеров можно прояснить по сравнению с более знакомой квантовой технологией: лазером. До изобретения лазера у нас было и солнце, и огонь, и фонарь, а потом и лампочка. Несмотря на эти достижения в области света, до появления лазера этот свет всегда был «некогерентным», что означает, что множество электромагнитных волн, генерируемых источником, излучались в совершенно случайные моменты времени по отношению друг к другу. Однако одна из возможностей, допускаемых квантовой механикой, состоит в том, что эти волны генерируются синфазно, для этого были открыты инженерные и изобретательские методы, и так появился лазер. Но лазеры не заменяют лампочки в большинстве приложений; вместо этого они излучают другой вид света, когерентный свет, который полезен для тысяч применений, от глазной хирургии до игрушек для кошек, большинство из которых были невообразимы первыми физиками-лазерщиками.

Точно так же квантовый компьютер не обязательно будет быстрее, больше или меньше обычного компьютера. Скорее, это будет компьютер другого типа, предназначенный для управления когерентными квантово-механическими волнами для различных приложений [1].

Возможности на границе запутанности. Что действительно интересно в квантовых вычислениях, так это то, что у нас есть веские основания полагать, что квантовый компьютер сможет эффективно моделировать любой процесс, происходящий в природе. Мы не думаем, что это неверно для классических цифровых компьютеров, которые не могут моделировать сильно запутанные квантовые системы. Запутанная система определяется как система, квантовое состояние которой нельзя разложить на множители как произведение состояний ее локальных составляющих; иными словами, это не отдельные частицы, а неделимое целое. В запутанности один компонент не может быть полностью описан без рассмотрения другого (других).

Поэтому с помощью квантовых компьютеров мы сможем более глубоко исследовать свойства сложных молекул и экзотических материалов, а также по-новому исследовать фундаментальную физику, например, путем моделирования свойств элементарных частиц или квантовых, поведение черного тела, дыра, или эволюция Вселенной сразу после Большого взрыва.

Наша уверенность в том, что исследование границы запутанности принесет пользу, основывается главным образом на двух принципах:

1) квантовая сложность (наша основа для мысли, что квантовые вычисления эффективны);

2) квантовая коррекция ошибок (наша основа идеи о том, что квантовые компьютеры масштабируются до больших устройств, решающих сложные задачи).

Оба эти принципа основаны на идее квантовой запутанности. Запутанность — это слово, которое мы используем для характерных корреляций между частями квантовой системы, которые сильно отличаются от корреляций, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни. Чтобы понять концепцию запутанности, мы представляем себе систему, состоящую из многих частей, например, книгу объемом в 100 страниц. Для типичной классической 100-страничной книги каждый раз, когда мы читаем очередную страницу, мы узнаем еще 1 % содержания книги, а прочитав все страницы одну за другой, мы знаем все, что есть в книге. Но теперь предположим, что это квантовая книга, страницы которой очень сильно переплетены друг с другом. Поэтому, когда мы просматриваем страницы одну за другой, мы видим только случайную тарабарщину, и после того, как мы прочитаем все страницы, мы очень мало узнаем о содержании книги. Причиной является то, что информация в квантовой книге не запечатлевается на отдельных страницах; она почти полностью закодирована тем, как страницы соотносятся друг с другом. Если мы хотим прочитать книгу, мы должны сделать коллективное наблюдение сразу на многих страницах. Квантовая запутанность — важная особенность, которая делает информацию, переносимую квантовыми системами, очень отличной от информации, обрабатываемой обычными цифровыми компьютерами.

Потенциал квантовых вычислений. Обычный компьютер обрабатывает бит, где каждый бит мог бы быть, переключателем, который либо 1, либо выключен. Но для создания очень сложных запутанных квантовых систем фундаментальными информационными компонентами квантового компьютера должны быть квантовые биты, которые мы называем кубитами. Кубит может быть реализован физически по-разному. Его может переносить один атом, один электрон или один фотон (частица света). Кубит может транспортироваться более сложной системой, такой как очень холодная сверхпроводящая электрическая цепь, в которой движется много электронов.

Когда мы говорим о квантовой сложности, на ум приходит невероятная сложность использования обычных классических данных для описания сильно запутанных квантовых состояний многих кубитов. Для полного описания всех корреляций между несколькими сотнями кубитов может потребоваться больше битов, чем количество атомов в видимой Вселенной.

Никогда, даже в принципе, невозможно будет записать это описание или точно описать обработку нескольких сотен кубитов классическим языком. Эта явно экстравагантная сложность квантового мира, хотя и наводит на размышления, сама по себе не гарантирует, что квантовые компьютеры мощнее классических. Но у нас есть как минимум три веские причины полагать, что квантовые компьютеры обладают возможностями, превосходящими возможности классических компьютеров.

1) Квантовые алгоритмы для классически неразрешимых задач. Во-первых, мы знаем о задачах, считающихся сложными для классических компьютеров, но для которых открыты квантовые алгоритмы, легко решающие эти задачи. Наиболее известным примером является задача нахождения простых делителей большого составного целого числа [2]. Мы думаем, что факторинг сложен, потому что многие умные люди десятилетиями пытались найти лучшие алгоритмы факторинга, но безуспешно.

Возможно, в будущем будет открыт быстрый классический алгоритм факторинга, но это будет большим сюрпризом.

2) Аргументы теории сложности. Ученые-теоретики информатики представили аргументы, основанные на теории сложности, показывающие (при разумных предположениях), что квантовые состояния, которые легко подготовить с помощью квантового компьютера, обладают суперклассическими свойствами; в частности, если мы измеряем все кубиты в таком состоянии, мы делаем выборку из коррелированного распределения вероятностей, которое не может быть выбрано никакими эффективными классическими средствами [3,4].

3) Никакой известный классический алгоритм не может моделировать квантовый компьютер. Но, пожалуй, самый убедительный аргумент в пользу силы квантовых вычислений заключается просто в том, что мы не знаем, как смоделировать квантовый компьютер с помощью цифрового компьютера. Это остается верным даже после десятилетий усилий физиков по поиску лучших способов моделирования квантовых систем.

Существует различие между задачами, которые являются классически сложными, и задачами, которые являются квантосложными. И очень важно понять, какие задачи являются классически сложными, а какие квантово легкими [5, 6]. Мы должны признать, в частности, что мощность квантового компьютера не безгранична. Мы не ожидаем, например, что квантовый компьютер сможет эффективно решать сложные экземпляры задач NPhard (недетерминированная полиномиальная временная сложность), таких как задача коммивояжера. Для таких сложных задач комбинаторного поиска мы, вероятно, не можем сделать ничего лучше, чем исчерпывающий поиск решения. Квантовые компьютеры могут ускорить исчерпывающий поиск [7], но лишь незначительно [8], так что задачи NPhard, скорее всего, будут одновременно сложными как с квантовой, так и с классической точки зрения.

Проблемы квантовых вычислений? Так почему это занимает так много времени? Что такого сложного в квантовых вычислениях? Суть проблемы вытекает из фундаментальной особенности квантового мира — мы не можем наблюдать квантовую систему, не вызывая неконтролируемого возмущения в системе. Это означает, что, если мы хотим использовать квантовую систему для хранения и надежной обработки информации, нам нужно держать эту систему практически идеально изолированной от внешнего мира. В то же время мы хотим, чтобы кубиты сильно взаимодействовали друг с другом, чтобы мы могли обрабатывать информацию; мы также должны иметь возможность управлять системой извне и в конечном итоге считывать кубиты, чтобы найти результат наших вычислений. Очень сложно построить квантовую систему, удовлетворяющую всем этим требованиям. Потребовалось много лет разработки материалов, контроля и производства, чтобы достичь того, что мы имеем сегодня.

В конечном итоге мы ожидаем, что сможем защищать квантовые системы и масштабировать квантовые компьютеры, используя принцип квантовой коррекции ошибок [9]. Основная идея квантовой коррекции ошибок заключается в том, что если мы хотим защитить квантовую систему от повреждений, мы должны закодировать ее в очень запутанном состоянии; подобно 100-страничной книге, которую мы описали ранее, это запутанное состояние обладает тем свойством, что среда, взаимодействуя с частями системы по одной, не может видеть закодированную информацию и, следовательно, не может ее исказить. Кроме того, мы в принципе поняли, как обрабатывать квантовую информацию, закодированную в сильно запутанном состоянии. К сожалению, квантовая коррекция ошибок связана со значительными накладными расходами — требуется много дополнительных физических кубитов, чтобы записать защищенную квантовую

информацию в сильно запутанную книгу, поэтому маловероятно, что в ближайшее время появятся надежные квантовые компьютеры с исправлением ошибок.

Вывод. Важно понимать, что нам потребуются значительные достижения — как в фундаментальной науке, так и в системной инженерии — для создания полностью масштабируемых, отказоустойчивых квантовых компьютеров. Таким образом, проблема масштабируемости ставит перед учеными и инженерами насущные задачи. Поскольку мы все еще так далеко, новые идеи, разработки и инновации могут иметь большое значение в долгосрочной перспективе. Классические компьютеры особенно плохо моделируют динамику сильно запутанных квантовых систем, состоящих из множества частиц, поэтому квантовая динамика является особенно перспективной областью, где квантовые компьютеры могут иметь значительное преимущество перед классическими.

Список использованных источников:

1. Т. Д. Лэдд, Ф. Железко, Р. Лафлам, Ю. Накамура, К. Монро и Дж. Л. О'Брайен, Квантовые вычисления, arXiv:1009.2267v1 [quant-ph], 12 сентября 2010 г.
2. П. В. Шор, Полиномиальные алгоритмы простой факторизации и дискретного логарифмирования на квантовом компьютере, SIAM Rev. 41, 303-332 (1999), <https://doi.org/10.1137/S0036144598347011>.
3. Лунд А.П., Бремнер М.Дж., Ральф Т.К. Проблемы квантовой выборки. BosonSampling и квантовое превосходство, npj Quantum Information 3: 15 (2017), arXiv:1702.03061, <https://doi.org/10.1038/s41534-017-0018-2>.
4. А. В. Харроу и А. Монтанаро, Превосходство квантовых вычислений, Nature 549, 203–209 (2017), <https://doi.org/10.1038/nature23458>.
5. Джордан С. П., Зоопарк квантовых алгоритмов, <http://math.nist.gov/quantum/zoo/>.
6. А. Монтанаро, Квантовые алгоритмы: обзор, npj Quantum Information, 15023 (2016), arXiv:1511.04206, <https://doi.org/10.1038/npjqi.2015.23>.
7. Л. Гровер, Квантовая механика помогает в поисках иглы в стоге сена, физ. Преподобный Летт. 79, 325 (1997), arXiv: quant-ph/9706033, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.79.325>.
8. С. Н. Bennett, E. Bernstein, G. Brassard, and U. Vazirani, Сильные и слабые стороны квантовых вычислений, SIAM J. Comput. 26, 1510-1523 (1997), arXiv:quantph/9701001, <https://doi.org/10.1137/S0097539796300933>.
9. Д. Готтесман, Введение в квантовую коррекцию ошибок и отказоустойчивые квантовые вычисления, Труды симпозиумов по прикладной математике 68 (2010), архив: 0904.2557.

Вашкилевич А. Э.

ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЫРА В МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

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

Современные теплогенерирующие установки предполагают внедрение решений по эффективному использованию энергоресурсов с сохранением основных рабочих

функций. Проектирование теплогенерирующих установок малой мощности производства сыра. В условиях повышающегося интереса к крафтовым сырам приобретает популярность, производство которых предполагает переработку молока в пределах фермерских и личных подсобных хозяйств. Современные решения в проектировании установки позволяют снизить стоимость конечного продукта.

При производстве сыра применяют различные способы нагрева:

1. Нагревание сырья в емкости с помощью открытого огня. Преимущество данного способа – его невысокая стоимость и простота конструкции. Из недостатков можно выделить несовершенство конструкции, что может привести к высокому количеству брака.
2. Нагрев в емкости с помощью электрической энергии. Данный способ во многом схож с предыдущим, но имеет преимущество в возможности автоматизации нагрева сырья.
3. Нагрев емкости с сырьем с помощью промежуточного теплоносителя «водяной рубашки». В данном случае получаем более сложную систему, но и более универсальную установку способную использовать различные виды нагрева теплоносителя.

Технологический процесс производства сыра предполагает после нагрева молока до 70°C, охлаждение до 40°C за один час. В данном случае необходимо использовать установки для отбора и утилизации тепла.

Способы охлаждения молока при производстве сыра:

1. Использование теплообменников из трубы в виде кольца непосредственно в емкости с продуктом, в котором движется холодная водопроводная вода и сливается в канализацию. Преимущество данной системы простота конструкции и низкая стоимость, но существенный недостаток большой расход воды.
2. Использование холодильных установок для охлаждения продукта. Имеет высокую стоимость и сложную конструкцию.
3. Применение промежуточного теплоносителя и использование водяного воздухонагревателя для утилизации тепла. Преимущество данной установки в низком потреблении электроэнергии и относительной простоты конструкции. Не требует большого количества холодной воды для охлаждения продукта.

Для проектирования установки можно использовать электрический пищеварочный котел с водяной рубашкой в качестве теплогенерирующие установки.

В состав котла входят следующие основные узлы: варочный котел с рубашкой и крышкой, корпус, регулируемые по высоте ножки, блок управления, аварийный клапан защиты котла от избыточного давления. Корпус котла изготовлен из стали марки AISI 304, а тигель из стали AISI321.



Рисунок 1 – Котел пищеварочный электрический

Принцип работы котла пищевого основан на косвенном обогреве содержимого в варочном котле паром, который образуется при нагреве теплоносителя в рубашке

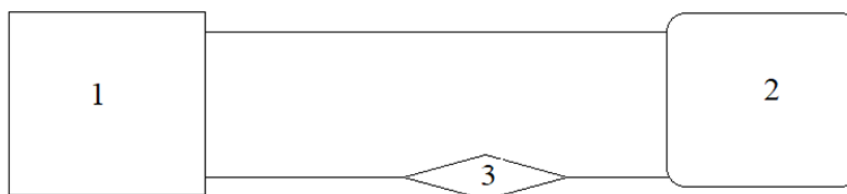
трубчатыми электронагревателями. Благодаря подобному способу обогрева полностью исключается пригорание продуктов питания.

В качестве установки для утилизации тепла водяного воздухонагревателя FLOWAIR LEO.

ВОДЯНЫЕ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛИ LEO



Рисунок 2 – Водяной воздухонагреватель



- 1- Теплогенерирующая установка для нагрева теплоносителя
- 2- Водяной воздухонагреватель для утилизации тепла
- 3- Циркуляционный насос для движения теплоносителя

Рисунок 3 – Схема теплогенерирующей установки с водяным воздухонагревателем.

Список использованных источников:

1. <https://www.flowair.com/by>
2. Техническая информация производителя оборудования Abat.
3. https://nasosov.by/catalog/tsirkulyatsionnye_nasosy_dlya_otopleniya/unipump/

Чернявская Н. В.

ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ, РАБОТАЮЩИХ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

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

Современные системы теплоснабжения предполагают внедрение решений по экономичному использованию энергоресурсов и эффективной эксплуатации теплогенерирующих установок с сохранением основных рабочих функций систем.

Качество древесного топлива для котлов, работающих на данном виде топлива, имеет очень большое значение, т.к. древесина, в отличие от природного газа, может иметь очень различные качественные показатели. Это напрямую влияет на качество и

количество произведенной тепловой энергии. Целью любых пусконаладочных испытаний является добиться таких режимов горения, при которых минимально возможное количество топлива выделяет при сжигании максимальное количество тепловой энергии.

Энергосбережение - это фактор экономического развития, на практике показавший, что во многих случаях дешевле осуществить меры по экономии энергии или вообще избежать ее использования, чем увеличить ее производство. Выгоды от повышения энергетической эффективности для окружающей среды очевидны: энергия, которая приносит наименьший вред окружающей среде, - это та энергия, которую не надо потреблять, а значит и не надо производить. В каждом случае, когда ее потребление для определенных целей будет уменьшаться (за счет улучшения теплоизоляции жилищ, повышения КПД двигателей и т.д.), выбросы загрязняющих веществ будут автоматически сокращаться в соответствующей пропорции.

Повышение эффективности использования топлива и энергии является самым дешевым путем защиты окружающей среды.

Теплотехнические испытания котельных установок проводятся для точной настройки оборудования и обеспечения дальнейшей его работы в оптимальном режиме. В процессе проводимых испытаний получают параметры, характеризующие надежность оборудования и экономичность его работы.

Методика пусконаладочных испытаний основана на следующем:

1. Расчетные величины относятся не к массе, а к теплоте сгорания топлива. Благодаря этому приведенные параметры теплотехнических расчетов становятся малозависящими от состава сжигаемого топлива.

2. Используется правило Вельтера-Бертье, линейно связывающее физическую сторону рабочих процессов (расходы и скорости воздуха и продуктов сгорания) с химической - с количеством тепла, выделенного при сгорании, и производными величинам (энтальпиями, тепловосприятиями и др.). Благодаря этому упрощаются соотношения и часто устанавливается линейная взаимосвязь различных величин.

3. Различия в горючей массе учитываются системой обобщенных констант, полученных на основе статистических данных по многим квалифицированным анализам состава и теплоты сгорания топлив, а различия в балласте топлив точно учитываются соответствующими численными коэффициентами формул.

В методике приведенных характеристик основным параметром является приведенная влажность топлива

$$W^п = \frac{W^p}{Q_H^p} * 4,19 * 10^3, \text{ кг} * 4,19 * 10^5 / \text{кДж}$$

$$W^п = \frac{W^p}{Q_H^p} * 10^3, \text{ кг} * \frac{10^5}{\text{ккал}}$$

Эта характеристика отражает влияние не только влажности, но и зольности топлива:

$$W^п = f(W^p, Q_H^p) = f(W^p; A^p; Q_H^r).$$

Для проведения всех расчетов по методике требуются минимальные сведения о топливе, а именно знания его сорта и характеристики $W^п$, $A^п$, $S^п$. При этом в большинстве случаев достаточно знания сорта топлива и величины $W^п$.

Определение к.п.д. парогенератора производится двумя способами по прямому балансу ($Q_a^p = Q_p^p$).

$$\eta_{пг} = \frac{Q_{пг} * 100}{B Q_H^p}, \%$$

Обратному балансу

$$\eta_{\text{пр}} = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6_{\text{шл}}, \%$$

Метод определения к.п.д. парогенератора по обратному балансу, широко используемый при испытаниях, значительно точнее, т. к. погрешности замеров и определений сказываются на к.п.д. парогенератора в этом случае во много раз меньше, чем при определении его по прямому балансу.

Основные факторы, влияющие на КПД теплогенератора:

Коэффициент избытка воздуха.

Коэффициент избытка воздуха является важнейшим параметром режима работы котла. Определяется коэффициент избытка воздуха по результатам газового анализа.

Потеря тепла с уходящими газами

Потеря тепла с уходящими газами является наибольшей потерей тепла в котле. Ею по существу определяется к.п.д. современного котла.

Потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива.

При нормальном топочном режиме потеря тепла от химической неполноты сгорания обычно близка к нулю. При налаженном режиме сгорания твердого топлива с предельно низкими избытками воздуха в топке потеря тепла колеблется в пределах 0 – 0,1 %.

Потеря тепла от механического недожога.

Потеря тепла от наружного охлаждения.

Свистун К. А.

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОПТИМИЗАЦИИ АБРАЗИВНОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО БРУСКА С АЛМАЗАМИ

Брестский государственный технический университет, выпускник факультета инженерных систем и экологии специальности природоохранная деятельность. Научный руководитель Шешко Н. Н., доцент, к. т.н.

Структура абразивного шлифовального бруска с алмазами (далее – бруска) смоделирована и оптимизирована с использованием программного комплекса COMSOL Multiphysics – универсальной среды, позволяющей моделировать практически все физические процессы, которые описываются частными дифференциальными уравнениями. Точные мультифизические модели учитывают широкий диапазон рабочих условий и большой набор физических явлений. Моделирование помогает понимать, проектировать и оптимизировать процессы и устройства с учетом реальных условий их работы.

В качестве основного модуля в процессе моделирования использовался модуль Optimization (Оптимизация). Модуль Оптимизация – это общий интерфейс для задания целевых функций и проектных переменных, а также установки ограничений.

Алгоритм реализации процесса оптимизации структуры бруска можно представить в виде двух основных этапов: создание и отладка прямой задачи; использование модуля Оптимизация.

Первый этап подразумевает под собой создание некоторой исходной модели, в которой обрисовывается геометрия исследуемого объекта, настраивается точность

вычислений и выполняется первоначальный расчет добавленной физики. Второй этап подразумевает под собой добавление в исходную модель модуля Оптимизация с последующей его настройкой и выполнением непосредственно процесса оптимизации.

Для того чтобы определить ход действий всего алгоритма, необходимо выбрать некоторый физический параметр, на основании которого будет производиться решение прямой задачи и оптимизация. В качестве такого параметра было принято решение использовать однородность распределения алмазов по объему бруска, так как было установлено, что наиболее равномерное и продолжительное истирание бруска происходит при максимально равномерном распределении кристаллов по всему его объему. Для описания же однородности непосредственно в вычислениях использовалась площадь сечения по высоте бруска.

В качестве исходных параметров для прорисовки геометрии объекта предполагается использование таких величин, как угол между нулевой осью и осью алмазов, расстояние между алмазами, геометрические размеры бруска и алмазов, а также некоторые дополнительные параметры.

Очень важную роль играет выбор размерности пространства. Моделирование производим в 2D геометрии. Это значительно упрощает процесс построения геометрии объекта исследования, расчеты и весь процесс оптимизации в целом (рисунок 1).

Для описания однородности в вычислениях используется длина сечения по высоте бруска. В качестве геометрической фигуры, описывающей форму бруска, выбран прямоугольник. Для алмазов – круг. Размер прямоугольника соответствует параметрам бруска. Диаметр круга соответствует исходному размеру алмаза, принимаемому перед началом процесса моделирования и оптимизации.

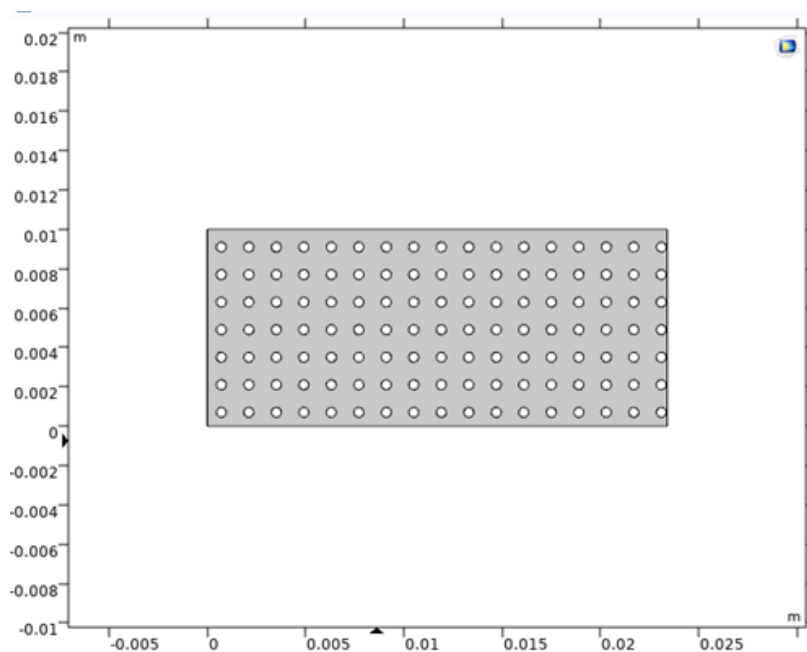


Рисунок 1 – Двумерное изображение абразивного шлифовального бруска

После настройки размерности пространства, прорисовки геометрии и настройки сетки вычислений, производится расчет длины сечения бруска по его высоте, что отражается в виде соответствующего графика (рисунок 2).

На рисунке 2 синей линией отражается распределение длины сечения бруска по его высоте, зеленой – идеальный случай распределения, к которому в процессе оптимизации будет стремиться модель.

Алгоритм этапа оптимизации, после добавления одноименного модуля в исходную модель, принято разделять на 4 этапа: определение целевой функции; определение изменяемой переменной; задание ограничений; использование модуля оптимизации.

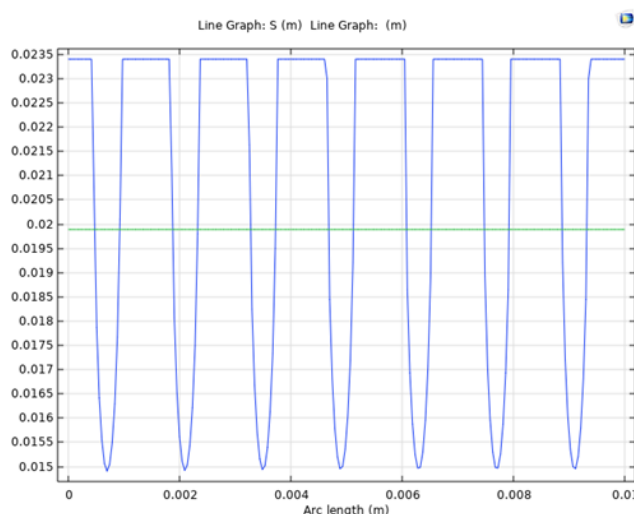


Рисунок 2 – График изменения длины сечения абразивного шлифовального бруска по его высоте

В первую очередь определяется целевая функция – критерий, описывающий качество системы. Затем определяется набор проектных переменных – исходных данных модели, которую необходимо изменить. После этого задается набор ограничений, предельных значений проектных переменных либо условия работы, которые должны соблюдаться. И, наконец, применяется модуль Оптимизация для улучшения проекта путем изменения проектных переменных с соблюдением заданных ограничений.

В проекте рассматривается использование ограничения на изменяемую переменную – угол между нулевой осью и осью алмазов, который будет изменяться в пределах от 0 до 45 градусов. Такого рода ограничение связано с тем, что после 45 градусов характер изменения положения кристаллов начинает принимать повторяющийся характер.

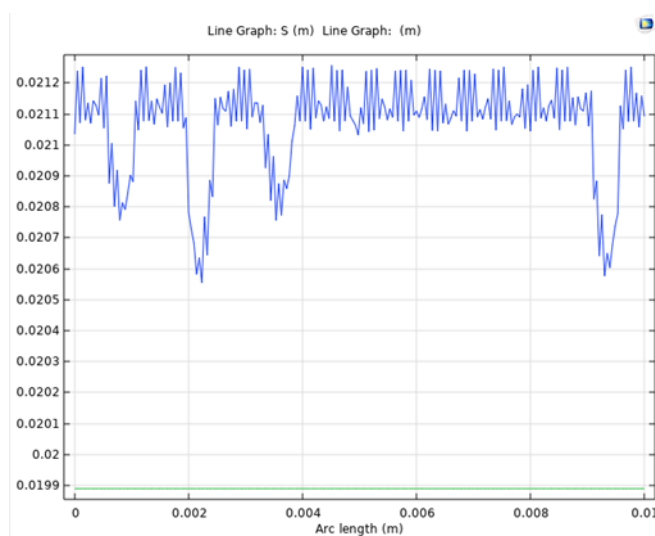


Рисунок 3 – График изменения длины сечения абразивного шлифовального бруска по его высоте

После указания всех необходимых для оптимизации параметров производится определение механизма оптимизации.

В данном исследовании использовался безградиентный механизм оптимизации, который предусматривает, что после каждого цикла вычисления модели происходит обновление вычислительной сетки. Это обновление позволяет получить очень точные результаты, однако сложность вычислений значительно возрастает.

После выполнения всех циклов оптимизации программа предоставляет информацию в виде таблицы, содержащей величины, рассчитанные по формулам частных дифференциальных уравнений при определенных величинах угла.

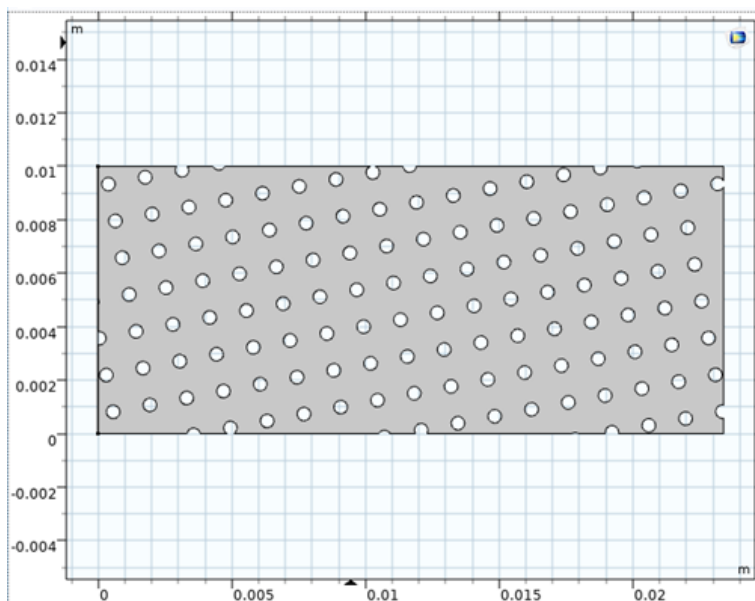


Рисунок 4 – Двумерное изображение распределения алмазов по объему бруска после оптимизации

В рассмотренном нами примере в процессе оптимизации расположения алмазов в бруске была получена величина угла 10,642 градусов по двум целевым функциям. График распределения длины сечения бруска по его высоте для данного случая имеет значительные отличия по сравнению с графиком исходного состояния.

На рисунке 3 можно увидеть значительно большее количество локальных минимумов и уменьшение величины их амплитуды. В среднем можно увидеть, что распределение значительно приблизилось по форме к прямой линии.

Конечное изображение распределения алмазов по объему бруска приобретает следующий вид (рисунок 4).

Список использованных источников:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/>. – Дата доступа: 20.04.2023.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://extxe.com/13708/abrazivnyye-materialy/>. – Дата доступа: 20.04.2023.
3. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента/ Ю. М. Ковальчук [и др.]; под ред. Ю. М. Ковальчука. – М.: Машиностроение, 1984. – 288с.

Брень В. А., Лузянин П. С.

АНАЛИЗ ТЕПЛОТДАЧИ ГРУНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Новосельцев В. Г., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Из всех существующих на сегодняшний день тепловых насосов системы грунт–вода являются наиболее эффективными, но и самыми дорогостоящими. Для бурения скважин и последующей установки трубопроводов требуются большие денежные и трудовые затраты, за счет этого их установка не так популярна и распространение таких тепловых насосов невелико.

Тепловой насос – это установка, которая не производит энергию, но позволяет использовать низкопотенциальное тепло от грунта, воды, воздуха для нагрева высокопотенциальных теплоносителей за счет преобразования теплоты от низкопотенциального источника с помощью использования электроэнергии. С научной точки зрения это называется коэффициентом преобразования и означает, что от 1 кВт электроэнергии тепловой насос может производить от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии. За счет такого преобразования экономия электроэнергии может достигать 70 % [1]. Основными элементами теплового насоса являются конденсатор, дроссель, испаритель, компрессор.

Такая система не зависит от факторов окружающей среды, к которым относятся изменения погодных и климатических условий, а также повышение или понижение температуры наружного воздуха. Однако одной из сложностей данной системы является отбор тепловой энергии от низкопотенциального источника тепла. Для отбора тепла из грунта используется вода или чаще всего другой теплоноситель, например раствор этиленгликоля, этилового спирта.

Еще одной из проблем является набор необходимой температуры теплоносителя, для этого теплоноситель должен находиться в грунте довольно продолжительный период времени.

Так же стоит учесть тот факт, что не обязательно использовать одну глубокую скважину, а можно пробурить несколько менее глубоких, более дешевых скважин, главное, получить общую расчетную глубину.

Тепловые насосы типа грунт–вода предполагают использование трубопроводов, опускаемых в глубокую скважину. Эффективность вертикального контура в сравнении с горизонтальным заключается в постоянстве температуры грунта свыше 10 °С. Также весомым преимуществом является минимизация занимаемой площади. Вертикальный контур предполагает двухступенчатый переход теплоносителя в рамках следующих стадий: подача вниз, сопровождающаяся первичным нагревом; возврат вверх, сопровождающийся вторичным нагревом.

Принципиальная схема работы геотермального теплового насоса отображена на рисунке 1.

Эффективность реализации системы геотермального отопления напрямую зависит от температурного градиента грунта в рамках разрабатываемой скважины, а также теплопроводности трубопровода.

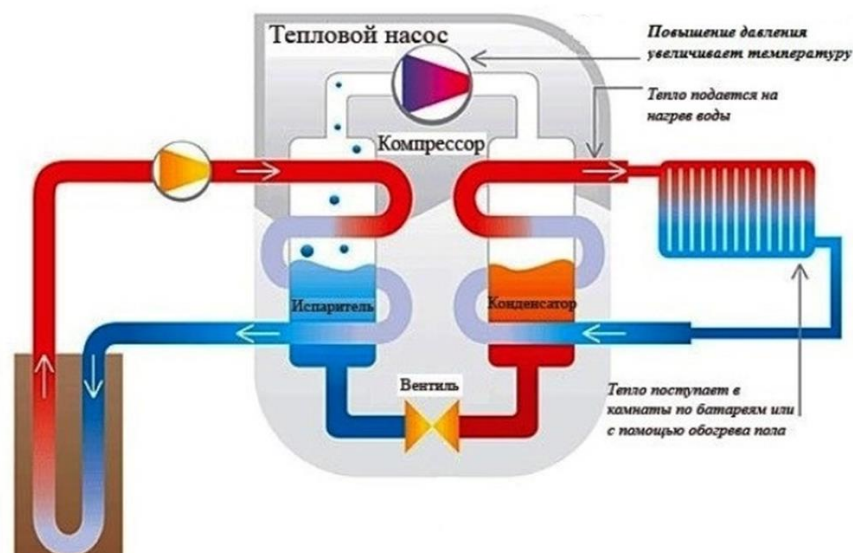


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы геотермального теплового насоса

Результаты исследования температурного режима в г. Бресте для 01.01.2022 отражены на рисунке 2. В качестве вариации глубин были приняты уровни в 1, 5, 10, 25, 50, 75, 100 метров [2].

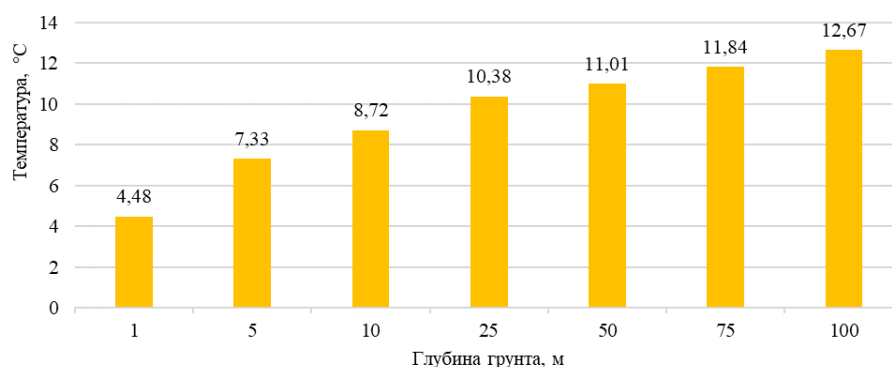


Рисунок 2 – Температурный режим грунта в г. Бресте 01.01.2022

По данному графику наблюдаем незначительное нарастание температуры с увеличением глубины скважины. Наиболее эффективной является глубина в 25 м, так как при дальнейшем заглублении температура изменяется незначительно. Данная глубина обусловлена тем, что в диапазоне от 10 до 25 м температура изменяется на 1,66 °C, что является существенным изменением на расстоянии в 15 м, а в диапазоне от 25 до 50 м температура изменяется на 0,63 °C на расстоянии 25 м, таким образом, увеличение температуры в 4,4 раза меньше, нежели в предыдущем интервале, что является более затратным для работы насоса по подъему теплоносителя с большей глубины.

Согласно статье 17 Кодекса Республики Беларусь о недрах «Особенности пользования недрами собственниками, владельцами, пользователями и арендаторами земельных участков» землепользователи участков могут строить и эксплуатировать скважины для добычи подземных вод из первого от земной поверхности напорного водоносного горизонта, без предоставления горного отвода, установления нормативов в области использования и охраны недр [3].

Как видим, абсолютного значения разрешенной глубины в метрах не указано. Значит, бурение разрешено до первого напорного водоносного слоя, который на

территории Брестского района составляет от 14 до 53 м [4]. Для окрестности Бреста, разрез Медная (д. Медно) — расположен в бассейне р. Западный Буг Брестского района Брестской области на 51°52' с.ш. и 23°45' в.д., на правом берегу р. Прырва, в пределах флювиогляциальной равнины [5] (рисунок 3).

Из рисунка 3 видим, что разрез состоит: от 0 до 10 м из песчаных образований; от 10 до 15 м из супеси с торфом; от 15 до 20 м из песка с гравием и галькой; от 20 до 28 м из супеси с торфом.

Необходимое количество скважин высчитываем исходя из типа грунта и его теплоотдачи на каждый погонный метр уложенного контура [6]:

- песок и сухие отложения – 25-30 Вт;
- водонасыщенный грунт – 60 Вт;
- камень (гранит, известняк, базальт) – от 65 до 85 Вт.

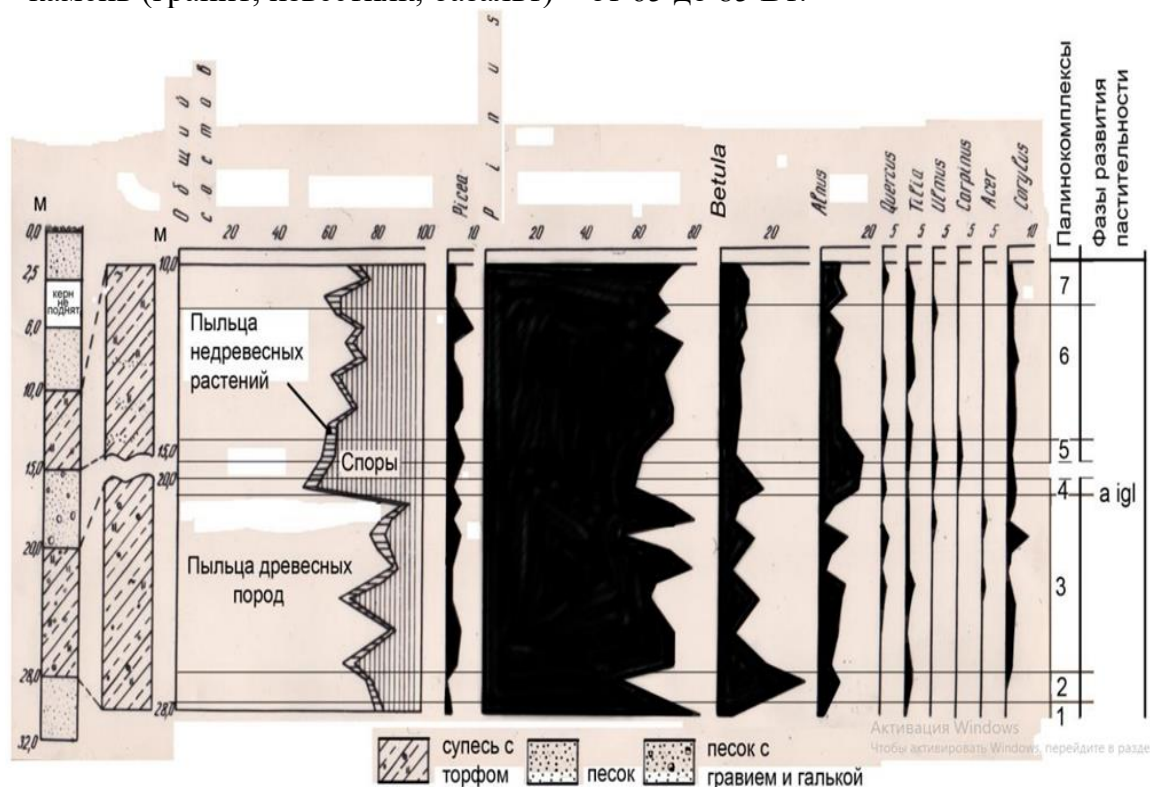


Рисунок 3 – Пыльцевая диаграмма отложений у д. Медно

Таким образом, песок и сухие отложения обладают наименьшей теплоотдачей, наибольшей – твердые породы. В случае, если грунт неизвестен, принимается среднее значение теплоотдачи, равное 50 Вт.

Ранее установили, что глубина бурения скважины будет составлять 25 м, следовательно, рассчитаем теплоотдачу в зависимости от вида грунта, которая составляет для песчаных образований – 25 Вт; для супеси с торфом принимаем 45 Вт, так как торф является водонасыщенным грунтом, а супесь сухим; для песка с гравием и галькой принимаем 55 Вт, так как в ней содержатся сухие отложения и камень.

Вычислим среднюю теплоотдачу по всей глубине скважины по формуле (1)

$$q = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^{i=n} l_i}, \quad (1)$$

где q – средняя теплоотдача грунта, q_i – теплоотдача i -го слоя, l_i – глубина i -го слоя.

В соответствии с формулой (1) получаем усредненное числовое значение, равное 39 Вт на один погонный метр уложенного контура.

Принимаем общую производительность теплового насоса для частного дома на 200 м² – 15 кВт.

Высчитываем общую протяженность контура по формуле (2):

$$L = \frac{Q}{q} \quad (2)$$

где L – общая длина контура, Q – общая производительность теплового насоса, q – средняя теплоотдача грунта.

Таким образом, в соответствии с формулой (2), общая длина контура составляет 385 м. Рассчитаем общее количество скважин по формуле (3)

$$N = \frac{L}{2 \cdot l}, \quad (3)$$

где N – количество скважин, L – общая длина контура, l – глубина скважины, 2 – коэффициент, учитывающий количество раз проходящего трубопровода в скважине (туда и обратно).

Следовательно, в соответствии с формулой (3) получаем 7,7 скважин. Округляем до 8 скважин.

При строительстве тепловых насосов обычно используют диаметр скважин, равный 150 мм. Диаметр обусловлен простотой бурения и размерами укладываемого водяного контура [6].

Для разметки точек под бурение скважин и для расположения зондов на участке, учитываем расстояние от строения, особенности ландшафта, наличие подземных вод и т. д. Соблюдаем минимальный разрыв между скважиной и домом не менее 3 м, а также максимальное расстояние от дома, которое не должно превышать 100 м [6]. Проект выполняют исходя из этих норм. Так как делаем несколько вертикальных скважин, то принимаем между ними расстояние 1–1,5 м [6], для обеспечения равномерного и эффективного забора теплоты от грунта.

В данной научной работе мы исследовали зависимость теплоотдачи от типа грунта и выяснили, что наименьшей теплоотдачей обладают сухие сыпучие грунты, наибольшей – твердые. Данная особенность напрямую влияет на расчетную длину контура теплового насоса и, впоследствии, на количество скважин. Определили экономически наиболее целесообразную глубину скважины и соответствие ее глубины нормам законодательства Республики Беларусь.

Список использованных источников:

1. Как работает тепловой насос «грунт-вода» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energo.house/>. – Дата доступа: 06.04.2023.
2. Брень В .А., Лузянин П .С. Перспективы применения геотермальных систем отопления // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов, часть 1. – Брест: 2022. – С. 63-67.
3. Статья 17 Кодекса Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kodeksy.by/>. – Дата доступа: 06.04.2023.
4. Глубина залегания грунтовых вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroy-dom.by/>. – Дата доступа: 06.04.2023.
5. Еловичева, Я. К., Дрозд, Е. Н. Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси / Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд – Минск : БГУ, 20186. Устройство и бурение скважины для теплового насоса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avtonomnoeteplo.ru/>. – Дата доступа: 06.04.2023.

Берестень А. М., Клабук Д. М.

ПАРАМЕТРЫ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПОКВАРТИРНЫХ СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Новосельцев В. Г., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Систем отопления зданий насчитывается большое количество. Они могут быть центральными, местными, панельными, водяными, паровыми, воздушными, комбинированными и т.п.

Нами предложено рассмотреть две системы: петлевую смешанную и лучевую. Произвести гидравлический расчет и выяснить, для какой из систем необходим более мощный насос.

В качестве примера рассмотрим петлевую смешанную систему отопления одной квартиры многоэтажного жилого дома (рисунок 1).

По данному плану разводки был выполнен тепловой и гидравлический расчеты. Цель гидравлического расчета – подобрать диаметры трубопроводов, регулировочные и балансировочные клапаны при условии использования располагаемого перепада давления на вводе для обеспечения стабильности и бесшумности работы системы отопления, минимизации эксплуатационных и капитальных затрат.

Данный расчет сведем в таблицу 1.

Как видно из таблицы, суммарные потери давления составили 24 кПа при суммарном расходе, равном 303 кг/ч. По результатам гидравлического расчета подбираем циркуляционный насос по программе подбора насосов «Wilo-Select». Подбираем умный насос сдвоенного класса с мокрым ротором Stratos MAXO-D 40/0,5–10 PN6/10–R7.

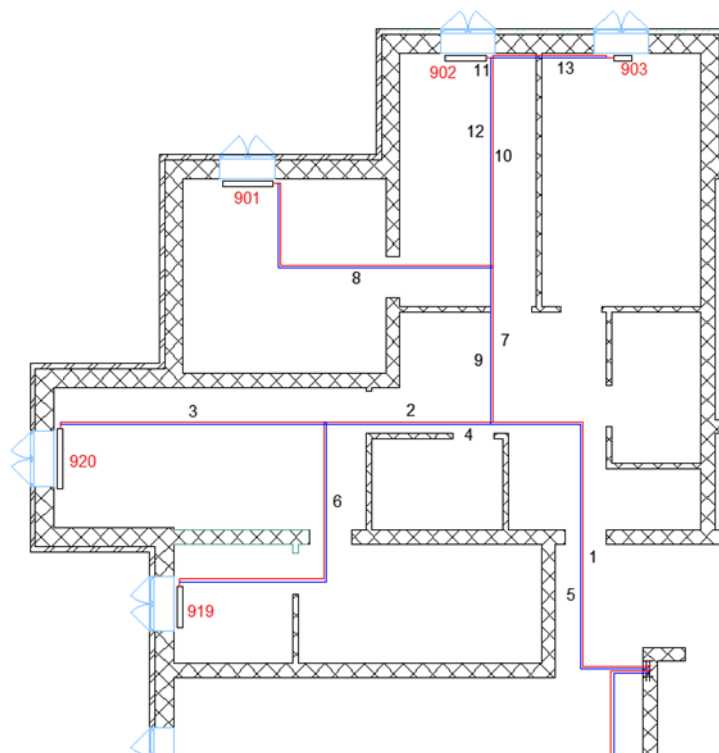


Рисунок 1 – План квартиры последнего этажа с петлевой смешанной разводкой системы отопления

Таблица 1 – Гидравлический расчет петлевой смешанной системы

№ участка	Тепловая нагрузка Q _{уч} , Вт	Расход воды G, л/ч	Длина участка, м	Скорость движения воды,	Диаметр	Удельная потеря давления	Потеря давления на трение, Па	Сумма коэф. местных сопротивлений	Местные потери давления	Потери давления в запорном клапане, Па	Суммарные потери давления, Па
1.	6645,9	303,1	8,7	0,43	20	155	1347,2	3	277,4		1624,5
2.	3109,2	141,8	3,7	0,36	16	160,4	587,7	1,3	84,2		671,9
3.	1768,3	80,7	5,9	0,29	14	139,9	822	7,8	327,9	180,2	7684,2
4.	3109,2	141,8	3,7	0,36	16	160,4	587,7	1,3	84,2		671,9
5.	6645,9	303,1	8,7	0,43	20	155	1347,2	3	277,4		1624,5
6.	1340,9	57,7	6,7	0,21	14	78,5	525,9	9,1	196,9	92,1	814,8
7.	356,7	152,1	3,4	0,38	16	181,3	616,4	3,8	280,2		896,6
8.	1601,8	68,9	6,6	0,25	14	106	699,6	14,1	440,6	131,4	1271,6
9.	3536,7	152,1	3,4	0,38	16	181,3	616,4	2,3	169,6		3064,8
10.	1934,9	83,2	4,5	0,3	14	147,5	663,9	1,3	60,1		724
11.	1307,9	56,2	0,15	0,2	14	74,9	11,2	9	183,6	87,6	896,6
12.	1934,9	83,2	4,5	0,3	14	147,5	663,9	1,3	60,1		724
13.	626,9	26,9	2,6	0,1	14	21,6	56,9	10,5	47,4	20,1	123,7
											23659,3

Далее рассмотрим лучевую систему на примере этой же квартиры многоэтажного жилого дома (рисунок 2). Также произведем гидравлической расчет для новой системы и сравним суммарные потери давления двух систем (таблица 2).

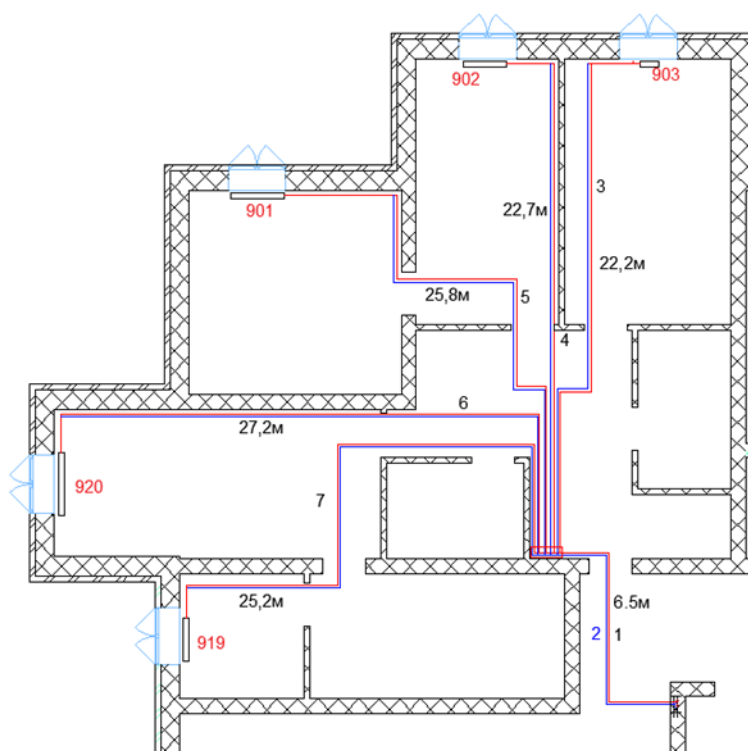


Рисунок 2 – План квартиры последнего этажа с лучевой разводкой системы отопления

По итогам гидравлического расчета двух систем получаем, что потери давления для петлевой смешанной системы незначительно меньше потерь давления лучевой системы: 24 кПа < 27 кПа. Из этого делаем вывод, что для петлевой смешанной и лучевой разводках системы отопления необходим насос одинаковой мощности.

Таблица 2 – Гидравлический расчет лучевой системы

№ участка	Тепловая нагрузка Q _{уч} , Вт	Расход воды G, л/ч	Длина участка, м	Скорость движения воды, м/с	Диаметр трубопровода,	Удельная потеря давления, Па	Потеря давления на трение, Па	Сумма коэф. местных	Местные потери давления, Па	Потери давления в запорном клапане, Па	Суммарные потери давления, Па
1.	6645,9	303,1	8,7	0,43	20	155	1347,2	3	277,4	2545,7	3830,5
2.	6645,9	303,1	8,7	0,43	20	155	1347,2	3	277,4	2545,7	3830,5
3.	626,9	26,9	22,2	0,1	14	21,6	479,7	12	54,15	20,1	554
4.	1307,9	56,2	22,7	0,2	14	74,9	1699,8	8	163,2	87,6	1950,6
5.	1601,8	68,9	25,8	0,25	14	106	2734,8	16	500	131,4	3366,2
6.	1768,4	80,7	27,2	0,29	14	139,9	3804,2	12	504,6	180,2	10842,9
7.	1340,9	57,7	25,2	0,21	14	78,5	1977,9	14	302,8	92,1	2372,9
											26747,6

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, 2019.
2. Программа Wilo-Select Online. <http://www.wilo-select.com>

Брень В. А., Литвинюк Д. Н., Лузянин П. С.

ЛЕГИОНЕЛЛЁЗ В СВО, ГВС И СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Новосельцев В. Г., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Легионеллёз («болезнь легионеров») – сапронозное острое инфекционное заболевание, обусловленное различными видами микроорганизмов, относящихся к роду *Legionella* [1].

Возбудителями заболевания являются бактерии *Legionella*, присутствующие в воде или почвенных смесях для растений. Наиболее распространенным патогеном является пресноводная разновидность *L. pneumophila*, которая присутствует в естественной водной среде по всему миру. Однако наиболее часто источником инфекции становятся искусственные водные системы, в которых формируются благоприятные условия для роста и размножения *Legionella* [1].

Водяные системы.

Данные бактерии живут и размножаются в водных системах при температуре 20 – 50 градусов Цельсия (оптимально – 35 градусов Цельсия). *Legionella* способна выживать и размножаться паразитическим образом в одноклеточных простейших организмах и биопленках, которые образуются в водных системах. Заражение человека может происходить в результате инфицирования клеток, которое происходит аналогично инфицированию бактерией простейших микроорганизмов [2].

Требования «гигиенического» проектирования [3]:

– холодная вода должна поставляться при температуре ниже 20 градусов Цельсия,

– в качестве источника холодной воды, при отсутствии централизованного водоснабжения холодной водой, использовать скважины, колодцы. Не допускать заполнения скважин и колодцев грунтовыми водами. Исключить забор воды из открытых водных бассейнов;

– исключить (уменьшить) возможность возникновения застойных зон, обеспечить циркуляцию воды в накопительных элементах систем отопления и горячего водоснабжения;

– накопительные емкости для потребления питьевой и санитарной воды должны быть либо с возможностью обновления воды раз в 3 – 4 часа, либо обеспечивающие периодический нагрев и выдерживание при температуре более 65 градусов Цельсия (в зонах, где исключена возможность ожогов кожи при случайном использовании);

– осуществлять слив застойной воды перед применением;

– применять алгоритмы и стратегии управления работой оборудования с циклами профилактического прогрева и циркуляции;

– применять механическую очистку воды высокого уровня (ультрафильтрация, обратный осмос) для уменьшения возможности роста и переноса бактерий. Соблюдать своевременную смену фильтрующих элементов;

– применять устройства обеззараживания воды.

Есть конструктивные и элементные решения, позволяющие исключить или существенно снизить возможность роста бактерий, вызывающих легионеллёз в комбинированных высокоэффективных гелиосистемах отопления и ГВС. Наиболее эффективным средством является установка проточных пластинчатых теплообменников для подготовки горячей воды.

Вентиляционные системы [4]:

В ряде случаев установки кондиционирования воздуха могут содержать бактерии, бурный рост которых происходит во время процесса обработки, транспортирования и распределения воздуха.

В ходе проектирования, монтажа, эксплуатации и технического обслуживания климатических систем следует тщательно разрабатывать и применять на практике методы по предупреждению роста и распространения легионеллы. Даже при условии, что указанные методы не могут гарантировать полное отсутствие легионеллы во всей системе или в какой-либо ее части, они будут препятствовать размножению бактерий, снижая, таким образом, сильное бактериальное заражение.

Ниже приводится перечень специальных профилактических мер для установок кондиционирования воздуха [4]:

1. Обеспечение эффективной работы сепараторов градирен и орошаемых камер.
2. Поддержание в сухом состоянии фильтров наружного воздуха, поскольку капли воды и конденсат на фильтрах образуют идеальную среду для распространения бактерий в кондиционируемых помещениях.

3. Проведение качественной очистки внутренних поверхностей воздуховодов во избежание заражения воздуха.

Обработка состоит из двух разных операций: очистки и дезинфекции.

Очистка с помощью «технонетейра» – прибора, который состоит из щупа и оголовка с поворотом назад под углом 45 °, который вставляется в воздуховод и подает сжатый воздух, при этом все удаленные материалы остаются внутри воздуховода в виде взвеси. При одновременном воздействии подаваемого щупом сжатого воздуха и создаваемого вытяжным вентилятором потока воздуха обеспечивается полное удаление всех загрязнений из воздуховодов в резервуар для сбора грязи.

Дезинфекция может проводиться двумя различными способами [4].

- С помощью небольшого самодвижущегося робота, который оборудован модулем с лампой коротковолнового ультрафиолетового излучения. Он убивает такие микроорганизмы, как бактерии, плесень и дрожжевые грибки, лишая их активности с последующим разрушением. Данный метод позволяет осуществлять полную дезинфекцию от всех микроорганизмов, которые могут появиться в воздухе и на поверхности воздуховода. С помощью компьютера выполняется расчет необходимого времени световой обработки для полного устранения любого возможного источника инфекции.

- Метод орошения с помощью небольшого самодвижущегося робота и дезинфицирующего средства широкого спектра действия, например, на основе 2 %-го раствора четырехкомпонентных аммиачных солей, который необычайно эффективен для борьбы с большинством патогенных организмов.

4. Проводить регулярный осмотр системы на предмет проверки состояния воздуховодов, чистоты и технического обслуживания увлажнителей и градирен.

5. Проводить замену фильтров с заранее установленными интервалами, осуществлять регулярную тщательную очистку всех частей увлажнителя.

Очистку следует предусматривать как с помощью погружения, так и путем опрыскивания:

- метод погружения: приготовить дезинфицирующий раствор и погрузить фильтры минимум на 20 мин, затем просушить;

- метод орошения: распыление дезинфицирующего раствора производить до полного увлажнения фильтра, перед установкой обратно в систему просушить.

6. Проводить регулярный микробиологический анализ для проверки наличия бактерий легионеллы.

7. Проектирование, сооружение и монтаж вентиляционных систем выполнять с учетом требований к техническому обслуживанию: обеспечивать эффективный отвод промывочных жидкостей; избегать применения теплоизоляции внутри воздуховодов в связи с трудностями качественной очистки такой изоляции; предусматривать установку в начале и конце воздуховодов соответствующих проемов, размеры которых обеспечивают проведение очистных работ с быстрым и несложным удалением и заменой неисправных элементов сети воздуховодов.

Итак, чтобы легионелла не размножалась в системах горячего водоснабжения, необходимо прибегнуть к тщательному температурному контролю воды. Наиболее эффективным средством является установка проточных пластинчатых теплообменников для подготовки горячей воды. При использовании водонагревателей накопительного типа необходимо устанавливать температуру нагрева не менее 60 градусов Цельсия или обеспечить потребление воды с обновлением полного объема за период не более 3–5 часов или выдерживать накопленную воду перед потреблением при температуре 65 градусов Цельсия не менее двух часов. Хранение холодной воды

должно осуществляться при температуре, не превышающей 20 градусов Цельсия. Необходимо исключить забор холодной воды из открытых водных источников и использовать воду только из скважин или колодцев глубиной не менее 4–5 метров. Для исключения появления легионеллы в системах вентиляции необходимо выполнять профилактические меры.

Список использованных источников:

1. Легионеллез [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 12.04.2023.
2. Легионеллез [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/>. – Дата доступа: 12.04.2023.
3. О проблемах возникновения легионеллы и других бактерий в индивидуальных и децентрализованных системах отопления и горячего водоснабжения комбинированных гелиосистем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://top-technologies.ru/>. – Дата доступа: 12.04.2023.
4. Предупреждение появления бактерий легионеллы в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.abok.ru/>. – Дата доступа: 12.04.2023.
5. Легионелла в системах отопления и горячего водоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bwt.ru/>. – Дата доступа: 12.04.2023.

Рязанова К. А., Сафонова А. А.

ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-18. Научный руководитель Шпендик Н. Н., доцент, кандидат географических наук

От воздухообмена в коровнике зависит самочувствие и продуктивность скота. Хороший воздухообмен выводит вредные газы, влагу, пыль, образовавшиеся в процессе жизнедеятельности животных. В помещениях с плохой циркуляцией воздуха возникает риск инфекционных заболеваний, что негативно отражается на здоровье животных. Внутренний воздух в помещениях для содержания и разведения крупного рогатого скота зависит от множества факторов: наружный воздух, время года, влажность, климат. Система вентиляции помимо обеспечения свежим воздухом выполняет следующие функции:

- поддержание качества воздуха в соответствии с санитарными нормами;
- удаление загрязненного воздуха.

В коровниках в основном применяются следующие вентиляционные схемы:

- естественная;
- принудительная (механическая);
- смешанная.

Естественная вентиляция. Естественная вентиляция применяется чаще всего на фермах с небольшим количеством животных. Такая вентиляция работает за счет разницы давлений наружного и внутреннего воздуха. Приток свежего воздуха осуществляется через специальные проемы, расположенные в стенах. После нагретый

воздух поднимается вверх и удаляется через светоаэрационный конек или пассивные вентиляционные шахты.

Преимущества естественной вентиляции:

- возможность использования круглогодично;
- отсутствие затрат на электроэнергию;
- простой монтаж;
- отсутствие дополнительного оборудования.

Недостатки естественной вентиляции:

- полная зависимость от наружной температуры, направления и скорости ветра;
- возможность переохлаждения в холодный период;
- отсутствие влияния на скорость удаления воздуха;
- неэффективность в не высоких помещениях;
- зависимость от рельефа местности.

Светоаэрационный конек. При установке светоаэрационного конька появляется дополнительное естественное освещение, за счет этого коровы потребляют больше корма и увеличивается производство молока. Светоаэрационный конек собирается на месте эксплуатации и устанавливается на кровле. Несущие элементы обычно изготавливают из алюминиевых сплавов. Это обеспечивает устойчивость к коррозии и увеличивает срок службы. Еще одним достоинством является легкость монтажа, без использования специального оборудования. Длина светоаэрационного конька зависит только от размеров здания. Чтобы избежать задувания ветра, применяется ветроотражатель со щеткой. Управление вытяжными клапанами может осуществляться как вручную, так и автоматически.



Рисунок 1 – Светоаэрационный конек

Пассивные вентиляционные шахты. В помещениях содержания коров используют специальные отверстия для притока воздуха, удаление воздуха осуществляется через вытяжные пассивные вентиляционные шахты. При функционировании такой системы вентиляции выделяют ряд недостатков:

- невозможность расчета мощности вентиляции;
- отсутствие регулировки влажности и температуры в помещении;
- возникновение зон застоя;
- поступление в помещение неочищенного воздуха;
- полная зависимость микроклимата от погодных условий.

Принудительная (механическая) вентиляция. Принудительную систему вентиляции применяют на средних и крупных фермах. При таком способе вентиляции удаление воздуха осуществляется принудительно, через активные вытяжные шахты, которые установлены на крыше, или через стеновые вентиляторы.

Основными преимуществами являются:

- высокая эффективность воздухообмена;

- удаление неприятного запаха;
- отсутствие зон застоя;
- осуществление кондиционирования;
- возможность регулирования влажности и температуры внутреннего воздуха.

Активные вытяжные крышные шахты. В вытяжных шахтах установлен специальный вентилятор, который обеспечивает пассивный приток воздуха при отрицательном давлении с минимальными энергозатратами.



Рисунок 2 – Активные вытяжные крышные шахты

В шахтах применяется гравитационный клапан или клапан с электроприводом, который предотвращает выход теплого воздуха при выключенных вентиляторах.

Смешанная вентиляция. Смешанная система вентиляции совмещает в себе несколько схем вентиляции в одном помещении. Примером смешанной вентиляции можно назвать систему, в которой приток осуществляется через окна, а вытяжка через светоаэрационный конек. Также может быть дополнена разгонными вентиляторами.

Разгонные вентиляторы могут использоваться в любой период года. Они бывают подвесными и потолочными. За счет их использования воздух равномерно распределяется в помещении и поддерживает оптимальные параметры воздуха.

К достоинствам можно отнести:

- надежность конструкции;
- простота эксплуатации;
- низкий уровень шума;
- небольшое энергопотребление;
- устойчивость к влаге и пыли;
- простота монтажа.

Вывод. Изучая различные системы вентиляции в коровниках, мы пришли к выводу, что от вентиляции зависит продуктивность скота. Но системы естественной вентиляции зависят от наружного воздуха. Обеспечить постоянство наружного воздуха невозможно. Оборудование, используемое в системах механической вентиляции, не всегда подходит к конкретному комплексу. Используемые системы вентиляции нуждаются в модернизации оборудования и индивидуальном подходе к каждому проектируемому объекту.

Список использованных источников:

1. Системы вентиляции коровника: схемы и нормы воздухообмена / [Электронный ресурс] // SADRADA: [сайт]. — URL: <https://sagrada.biz/press-centr/stati/sistemy-ventilyatsii-korovnika-skhemu-i-normy-vozdukhoobmena/> (дата обращения: 21.03.2023).
2. Естественная вентиляция ферм КРС / [Электронный ресурс] // АГРОВЕНТ: [сайт]. — URL: <https://agrovent.ru/blog/poleznaya-informatsiya/estestvennaya-ventilyatsiya-ferm-krs/> (дата обращения: 25.03.2023).

Брень В. А., Лузянин П. С.

МЕСТНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Ключева Е.В., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Вентиляция является одной из важнейших систем обеспечения нормальных условий жизнедеятельности человека. Если она действует совместно с другими климатическими системами, то в помещениях поддерживается необходимый микроклимат. Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещении и на рабочих местах в соответствии со строительными нормами.

Местной вентиляцией называется такая, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция) [1].

В производственных помещениях при выделении вредностей (газов, влаги, теплоты и т. п.) обычно применяют смешанную систему вентиляции - общую для устранения вредностей во всем объеме помещения и местную (местные отсосы и приток) для обслуживания рабочих мест.

К местной приточной вентиляции относятся воздушные души (сосредоточенный приток воздуха с повышенной скоростью). Они должны подавать чистый воздух к постоянным рабочим местам, снижать в их зоне температуру окружающего воздуха и обдувать рабочих, подвергающихся интенсивному тепловому облучению. К местной приточной вентиляции относятся воздушные оазисы - участки помещений, отгороженные от остального помещения передвижными перегородками высотой 2-2,5 м, в которые нагнетается воздух с пониженной температурой с целью создания благоприятных условий для работающих. Местную приточную вентиляцию применяют также в виде воздушных завес (у ворот, печей и пр.), которые создают как бы воздушные перегородки или изменяют направление потоков воздуха. Местная вентиляция требует меньших затрат, чем общеобменная.

Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда места выделений вредностей в помещении локализованы и можно не допустить их распространение по всему помещению. Местная вытяжная вентиляция в производственных помещениях обеспечивает улавливание и отвод вредных выделений от оборудования: газов, дыма, влаги, пыли и тепла. Благодаря значительной концентрации вредных веществ, обычно удается достичь хорошего санитарно-гигиенического эффекта при небольшом объеме удаляемого воздуха.

Местный отсос – это устройство, состоящее собственно из местного отсоса и источника вредных выделений. Поэтому его можно считать частью вентиляционно-технологической системы и классифицировать по признакам, определяющим характер и основные особенности движения вредных выделений около всасывающих отверстий (рис.1) [2].

В зависимости от взаимного расположения отсоса и источника вредных выделений различают полуоткрытые, открытые и полностью закрытые отсосы [3].

Полуоткрытый отсос представляет собой укрытие, внутри которого находится источник вредных выделений.

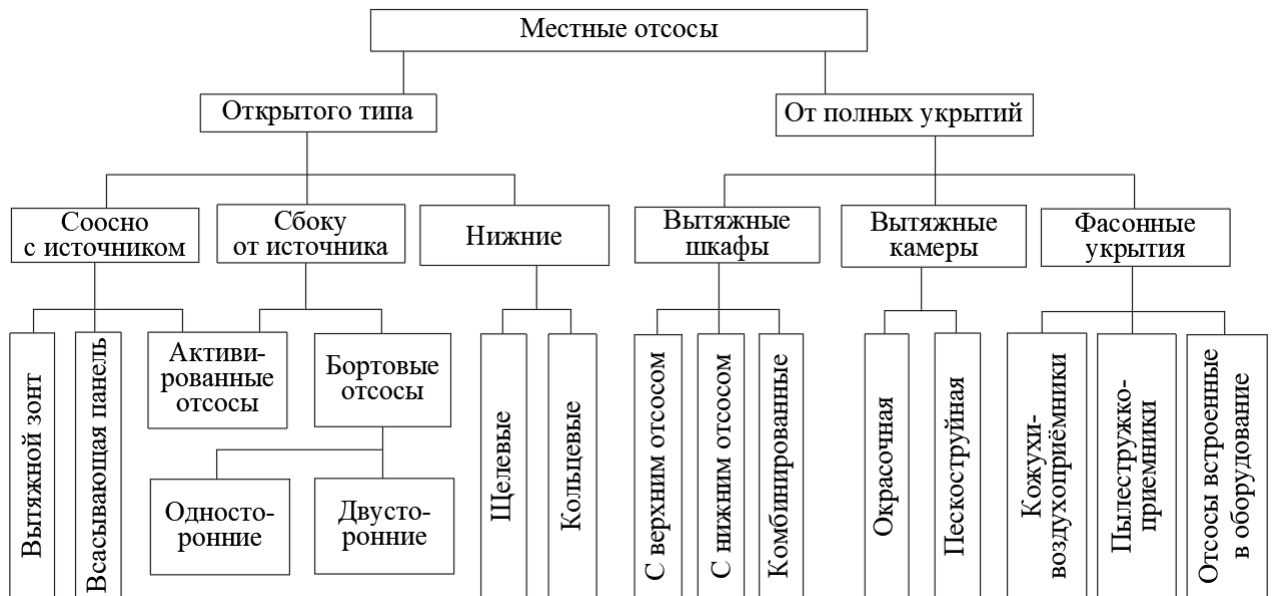


Рисунок 1 – Классификация местных отсосов

Укрытие имеет открытый проем или отверстие. Примерами такого укрытия являются вытяжные шкафы, вентилируемые камеры или кабины (для пульверизационной окраски, дробеструйной очистки и т. п.), витринные отсосы и фасонные укрытия у вращающихся режущих инструментов.

Открытые отсосы – укрытия, находящиеся за пределами источника вредных выделений, т.е. над ним или сбоку от него. Такими укрытиями являются вытяжные зонты, боковые, бортовые и кольцевые отсосы.

Полностью закрытые отсосы являются составной частью кожуха машины или аппарата (элеватора, мельницы, бегуна, дробилки, барабана для очистки литья и т. п.), который имеет небольшие отверстия, щели или неплотности для поступления через них воздуха из помещения.

Местные отсосы можно классифицировать в зависимости от схемы расположения источника вредных выделений и отсоса. В соответствии с этим местные отсосы делятся на расположенные соосно, боковые и нижние.

Области применения местных отсосов [4]:

- вытяжные шкафы применяют для удаления вредностей от закалочных ванн (маслянистых, селитровых), при гальванической обработке металлов, окраске изделий, покрытии изоляции лаком;

- вытяжные зонты применяют для удаления вредностей, сопровождающихся тепловыделениями, например, на производствах, связанных с переработкой продуктов, изготовлением полуфабрикатов;

- боковые отсосы используются в тех случаях, когда устройство вытяжных зонтов невозможно из-за технологических ограничений или же нецелесообразно из-за большого расхода удаляемого воздуха;

- бортовые отсосы широко используются для удаления вредностей от ванн в гальваническом производстве, т.к. технология проводимых процессов (травления, цинкования, хромирования, обезжиривания деталей и т.п.) такова, что невозможно использовать полное укрытие ванн. Бортовой отсос представляет собой сплошную щель, расположенную вдоль по всей длине верхнего края борта ванн. Через эту щель отсасываются вредности, выделяющиеся с поверхности раствора ванны.

- укрытия в виде кожухов получили распространение для улавливания пыли от мест выделения вредностей в различных станках (обдирочных, заточных,

шлифовальных, полировальных и др.) и от отдельных пылящих узлов эксплуатируемого оборудования (дробилок, мест перегрузки сыпучих материалов, элеваторов, транспортёров и т.п.).

Основными элементами местной вытяжной системы являются сами местные отсосы, всасывающая сеть воздухопроводов, вентилятор центробежного или осевого типа, вытяжная шахта. При устройстве местной вытяжной вентиляции для улавливания пыли удаляемый из цеха воздух, перед выбросом его в атмосферу, должен быть предварительно очищен.

Санитарно-гигиеническое значение местных отсосов заключается в том, что они не допускают проникновения вредных выделений в зону дыхания работающих. Кроме санитарно-гигиенических, к местным отсосам предъявляют следующие технологические требования [5]:

- место образования вредных выделений должно быть укрыто настолько, насколько это позволяет технологический процесс, а открытый (рабочий) проем должен иметь минимально возможные размеры;

- местный отсос не должен мешать нормальной работе или снижать производительность труда;

- вредные выделения должны удаляться от места их образования в направлении их естественного движения – горячие газы и пары вверх, холодные тяжелые газы и пыль вниз;

- конструкция местного отсоса должна быть простой, иметь малое гидравлическое сопротивление, легко сниматься и устанавливаться на место при чистке и ремонте оборудования;

- зону действия местного отсоса следует максимально ограничить экранами и ширмами.

Однако местные системы не всегда могут решить все задачи, стоящие перед вентиляцией. Не все вредности могут быть локализованы этими системами. Например, когда вредные выделения, рассредоточены на значительной площади или в объеме; подача воздуха в отдельные зоны помещения не может обеспечить необходимые условия воздушной среды; если работа производится на всей площади помещения или ее характер связан с перемещением и т. д.

В заключение необходимо добавить, что качество воздушной среды неразрывно связано с вентиляцией. Повышенная концентрация в воздухе пыли и других загрязнителей отравляет организм человека, приводит к профессиональным заболеваниям. Неприятные запахи создают дискомфорт или раздражают нашу нервную систему, снижают трудоспособность. Повышенная скорость воздуха вызывает ощущение сквозняка, а пониженная приводит к застою воздуха в различных частях помещений. Находясь в помещении, человек ощущает на себе воздействие любого из этих факторов. В результате отсутствия циркуляции воздуха, плохого воздухообмена создаются условия, при которых вредные вещества могут действовать на человека, представляя непосредственную угрозу его здоровью.

Список использованных источников:

1. Реферат – Вентиляция производственных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.studmed.ru/>. – Дата доступа: 05.04.2023.
2. Местная вытяжная вентиляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/>. – Дата доступа: 05.04.2023.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Б. М. Хрусталева [и др.]; под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – М.: АСВ, 2008. – 783с.

4. Реферат - Местная вентиляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nashaucheba.ru/>. – Дата доступа: 05.04.2023.
5. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19 (с отменой СНБ 4.02.01-03). – Мн. : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 68 с.

Черноиван В. Н., Черноиван Н. В., Хрыскова С. А., Быба А. О.

МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЧЕРЕЗ ОКОННЫЕ ПРОЕМЫ

Брестский государственный технический университет. Магистранты кафедр ТСП и ПМ. Научные руководители Черноиван В. Н. кафедра ТСП., Черноиван Н. В. кафедра ПМ.

В процессе эксплуатации зданий и сооружений потери тепла из помещений через оконные проемы (в зависимости от этажности зданий) составляют от 12 до 25 % всех теплопотерь через ограждающие конструкции из отапливаемых помещений.

Основным показателем, характеризующим это явление, является приведенная величина термического сопротивления всего оконного блока, хотя наибольшие потери приходятся на его светопрозрачную часть [1]. Массово применяемые двухкамерные стеклопакеты имеют сопротивление теплопередаче около $0,4...0,5 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$, что более чем в 6 раз ниже нормативного сопротивления теплопередаче наружных стен. Для решения этой проблемы фирмами, изготавливающими стеклопакеты, ведутся работы по разработке светопрозрачных материалов с улучшенными теплоизоляционными характеристиками.

Установлено, что непосредственно потери тепла через оконные проемы обусловлены конвективным теплообменом воздуха между стеклами. Эта проблема может быть решена путем использования герметичного стеклопакета, заполнения пространства между стеклами инертным газом (аргоном) или увеличением количества стекол.

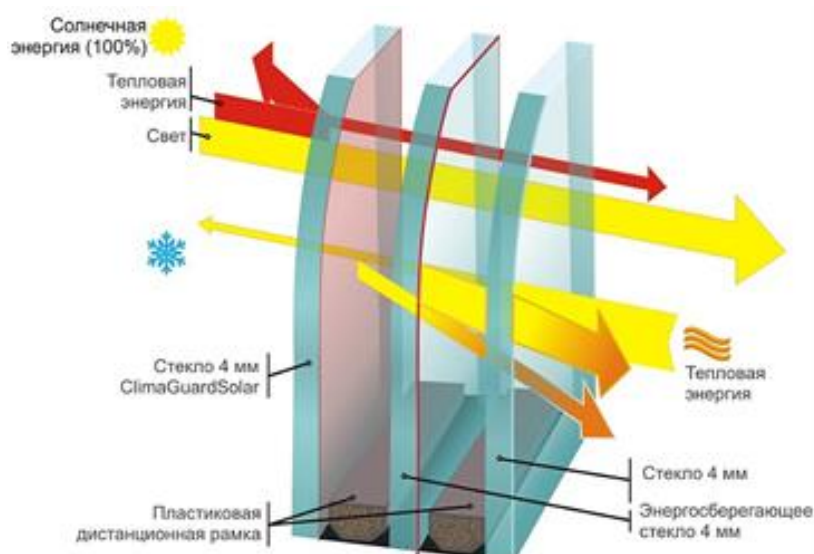


Рисунок 1 – Принцип действия энергосберегающего стеклопакета

Исследованиями установлено, что инфракрасное излучение через стекло составляет до 70 % потерь тепла из помещения через стеклопакеты [2]. Одним из возможных путей снижения таких потерь – использование низкоэмиссионного стекла, на одну из поверхностей которого нанесено специальное энергосберегающее покрытие. Такое покрытие беспрепятственно пропускает в помещение коротковолновое солнечное излучение, которое нагревает все предметы, находящиеся в помещении, но отражает внутрь здания длинноволновое (инфракрасное) излучение, исходящее от нагретых предметов и нагревательных приборов. Тем самым значительно снижаются лучевые потери тепла через прозрачные ограждающие конструкции [3].

Энергосберегающие стеклопакеты с низкоэмиссионным стеклом, которое отражает в холодное время года инфракрасное (тепловое) излучение от приборов отопления обратно в помещение, а летом отражает солнечные лучи, задерживают ультрафиолетовое (солнечное) излучение не больше обычного стекла (рисунок 1). Такая избирательность получила название «эмиссионная способность». Стекла с такими покрытиями еще называют «селективными стеклами». Чем ниже эмиссионная способность стекла, тем выше его энергосберегающие свойства.

Излучательная способность стекла обозначается буквой E . Для сравнения, у обычного стекла $E = 0,83$, а у стекла с низкоэмиссионным оптическим покрытием $E = 0,004 \dots 0,2$. В последнем случае стекло отражает в помещение до 90 % тепловой энергии, что позволяет существенно сократить расходы на отопление жилья.

Солнцеотражающие покрытия делятся на две основные категории – неселективные (отражают солнечную радиацию во всем спектре солнечного излучения) и селективные (пропускают видимый свет и отражают инфракрасное излучение с длиной волны около 0,78 мкм, куда относится и тепловое излучение). Все селективные покрытия относятся к категории «мягких покрытий». Один из типов таких стекол – i -стекло. Это стекло имеет покрытие на основе серебра, которое наносится на уже готовое флоат-стекло по технологии off-line («вне линии», англ.). Толщина покрытия составляет несколько сотых долей миллиметра. Оно, практически, не заметно для человеческого глаза. i -стекло отлично пропускает солнечный свет, не снижая освещенности помещения, и отражает тепловые волны. Для сохранения покрытия и свойств стекла его устанавливают внутри стеклопакета, где оно защищено от атмосферных воздействий (влаги, абразивных частиц пыли и др.).

i -стекло, по сравнению с традиционным, обладает улучшенными показателями теплозащиты. Например, при наружной температуре $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуре в помещении $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура на поверхности стекла внутри помещения будет у обычного стеклопакета $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у стеклопакета с i -стеклом $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Повышение температуры внутреннего стекла снижает вероятность выпадения конденсата на внутренней стороне стекла.

Достоинства i -стекла по сравнению с массово применяемым:

- максимальные энергосберегающие характеристики;
- высокая светопрозрачность;
- низкая светоотражающая способность.

Сопротивление теплопередаче двухкамерного стеклопакета с i -стеклами может достигать $0,8\text{ м}^2 \times \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, что существенно выше такого же стеклопакета с обычными стеклами.

Следовательно, применение энергосберегающих стеклопакетов с низкоэмиссионным стеклом является одним из путей снижения теплопотерь через оконные проемы и может рассматриваться как способ энергосбережения в строительстве.

Список использованных источников:

1. Захаров, В. М. Использование окон с регулируемым сопротивлением теплопередачи в качестве энергосберегающего мероприятия для систем энергоснабжения зданий / В. М. Захаров, А. В. Банников, Н. Н. Смирнов // – Вестник ИГЭУ. – 2004. – № 4. – С. 11-13.
2. Майоров, В. А. Передача теплоты через окна: учеб. пособие / В. А. Майоров. – М. : Издательство АСВ, 2014. – 120 с.
3. Арзамасов, В. Ю. Влияние теплоотражающих покрытий на теплосоппротивление светопрозрачных ограждающих конструкций / В.Ю. Арзамасов, В. Н. Крутиков // Метрология. – 2011. – № 4. – С. 27-35.

Игнатюк Т. В., Орсик Е. О.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ РОБОТА-КАМЕНЩИКА

Брестский государственный технический университет, кафедра ТСП

Современные технологии с каждым годом движутся вперед и многие производства всё больше задумываются о модернизации технологических процессов, уменьшении человеческого труда, ускорении процессов на производстве, а также о снижении затрат в производственном процессе. Это коснулось и строительства.

Одной из самых распространенных идей автоматизации в строительстве является разработка роботов-каменщиков, которые будут способствовать значительному ускорению процесса кирпичной кладки, а также снижать стоимость строительства объекта в связи с отсутствием необходимости найма большого количества каменщиков.

Фактически же человек и робот-каменщик находятся в общем трехмерном пространстве и занимают определенную его часть. Траектории их движения могут пересекаться. Учитывая высокую скорость движения звеньев манипулятора, неожиданные повороты и большие силовые параметры роботизированного привода, эти объекты следует рассматривать как источник опасности и повышенного риска получения травм. Безопасность в роботизированном производстве должна соответствовать нормам ГОСТа. Здесь также представлены некоторые рекомендации для отдельных типов процессов.

Обязательным является ограждение (в виде сетки) территории, занимаемой роботизированной системой. Для роботов, работающих автономно, по границам рабочей зоны должны быть проведены цветные линии. Входить в такие рабочие зоны во время выполнения роботом программы категорически запрещается.

Планировка роботизированной системы должна обеспечивать свободный, удобный и безопасный доступ персонала к устройствам управления и аварийного отключения робота, основному и вспомогательному, технологическому оборудованию и всем видам оборудования и механизмов, входящих в состав робота. Устройства управления и аварийного отключения должны быть установлены на единой (общей) панели управления и перекрываться вдоль фронта оборудования, вдоль возможного пути движения обслуживающего персонала. Также должны быть обеспечены нормальные условия освещения и видимости для оператора.

Перед началом эксплуатации или обслуживания данного оборудования, обслуживающий персонал должен удалить из ограждения посторонние предметы, инструменты и т. д. При невозможности удаления из ограждения, они должны быть размещены в недоступном для исполнительных механизмов робота месте. Таким образом, все посторонние предметы должны быть удалены из рабочей зоны промышленного робота до начала его эксплуатации. Убедитесь, что подводный трубопровод надежно закреплен. Перед первым запуском робота необходимо проверить реле давления и величину давления с помощью регулятора давления.

Автоматические линии и автоматизированные участки, на которых используются промышленные роботы, должны быть оборудованы кнопками аварийной блокировки для управления роботом и другим оборудованием в рабочей зоне оператора на расстоянии 4 м друг от друга. При установке пультов управления роботом, в закрытых кабинах, если она есть, должны надежно защищать операторов от воздействия вредных факторов производственной среды, обеспечивать свободное и удобное расположение на рабочем месте и полный обзор технической зоны.

Оптимальные размеры кабины, обеспечивающей необходимый воздухообмен и удобство работы оператора, составляют 2100 мм в высоту, 1700 мм в ширину, 2000 мм в длину и 600 мм в ширину у дверного проема. В кабину должно поступать не менее 20 м³ /ч свежего воздуха на человека. Наилучшим решением является кондиционирование кабины. Интенсивность лучистого потока от смотрового окна не должна превышать 1260 кДж (м² /ч).

Электрооборудование панели управления должно быть оснащено устройством активации, которое при восстановлении внезапного пропадания напряжения исключает самопроизвольный запуск устройства, независимо от положения пульта управления. Автоматическое управление, быстрые линейные перемещения исполнительных механизмов, большие зоны обслуживания и другие особенности повышают опасность для обслуживающего персонала и лиц, работающих в смежных зонах.

Рабочее место оператора должно быть оборудовано системой связи с контрольными и информационными устройствами для контроля работы, системой аварийного отключения всего робота и его компонентов, а также дополнительными службами (снабжение инструментом, ремонтная служба, дежурный электрик, диспетчерская служба и т. д.). Кроме того, оператор должен вести журнал учета работы робота-каменщика. Он должен быть пронумерован, сшит и составлен по определенному формату на основе записей суточных потерь времени и поломок оборудования. Испытания робота основаны на максимальном учете всех возможностей ПР (включая движение по всем координатам и взаимодействие с техническим и вспомогательным оборудованием или его имитаторами). Испытания проводятся при непрерывной работе промышленного робота в автоматическом режиме по программе, разработанной с учетом максимального учета всех возможностей ПР (включая движение по всем координатам, взаимодействие с техническими и вспомогательными устройствами или их имитаторами). Продолжительность испытания должна составлять не менее 4-х часов. Безотказная работа всех узлов и механизмов, правильное выполнение циклов, четкое взаимодействие с техническими и вспомогательными устройствами и их правильная загрузка, отсутствие утечек масла, надежное удержание обрабатываемой детали в захвате при всех возможных перемещениях.

Необходимо обратить внимание на удаление отходов производства, которое должно производиться, когда робот не работает.

Согласно технической документации стабильная работа промышленного робота обеспечивается подачей в пневматическую систему манипулятора сжатого воздуха под давлением выше МПа (кгс/см²), чтобы он мог работать некоторое время даже при отключении питающего трубопровода. При таком давлении автоматическая работа манипулятора прерывается, и система программного управления переходит в режим "регулировка".

Настройка и регулировка манипуляторов должна осуществляться с помощью ручного пульта управления, который позволяет перемещать захваты манипулятора в нужном направлении.

Если несколько образцов испытываются одновременно, они должны быть расположены так, чтобы не мешать друг другу или измерительному инструменту.

В конце 20-го – начале 21-го века мы стали свидетелями очередной технологической революции. Это появление и стремительное развитие промышленных роботов, принципиально нового вида технологического оборудования с широким спектром, порой неожиданных, функций. Промышленные роботы призваны заменить человека при выполнении наиболее тяжелых, физически изнурительных, а порой и опасных технических задач в автоматизации современного производства. Следует отметить, однако, что с увеличением количества роботов и расширением области их деятельности централизованное управление становится все сложнее, и центральный контроллер, выход из строя которого может нарушить работу всей системы сразу, становится единственным слабым местом.

Список использованных источников:

1. Почему у нас до сих пор нет роботов-каменщиков? [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/572966/>-Дата доступа: 02.04.2023
2. Роботы-каменщики: автоматизация процесса кирпичной кладки [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://os1.ru/event/9411-roboty-kamenshchiki-avtomatizatsiya-protsesta-kirpichnoy-kladki>-Дата доступа: 02.04.2023
3. Техника безопасности при применении промышленных роботов [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://cyberpedia.su/16x6109.html>-Дата доступа: 08.04.2023

Коляда В. Э., Званько У. А.

ТОРФЯНЫЕ ГРАНУЛЫ КАК ИСТОЧНИК ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-18. Научный руководитель Шпендик Н. Н., доцент, кандидат географических наук

Торф как топливо. Торф относится к природным органическим экоматериалам, и применение продуктов, изготовленных из него, оказывает относительно низкое антропогенное влияние на природу. Торф представляет собой возобновляемый ресурс. Каждый год на планете формируется практически 3 млрд м³ торфа, что приблизительно в 120 раз превосходит величину его потребления.

Ископаемый торф может быть разной влажности, в связи с местообразованием от 15 до 60 %, а также классифицируется по содержанию золы: малозольный (<5 %), средnezольный (5-10 %) и высокозольный (>10 %).

Существенными минусами данного вида топлива являются: теплота сгорания ниже, чем у угля и сложность сжигания по причине большого содержания влаги в исходном материале.

Следует обозначить следующие его достоинства для энергоустановок:

- малые производственные затраты;
- экологичность сгорания;
- полнота выгорания (незначительный зольный остаток);
- разработка эффективных методов сжигания.

Все вышеперечисленное делает торф подающим большие надежды местным источником полученной тепловой и электрической энергии.

Торф применяется в роли топлива следующим образом.

1. Фрезерный (измельченный) торф в россыпном виде для сжигания во взвешенном состоянии.

2. Полубрикет (кусковой торф), малой степени прессования, изготавливаемый непосредственно на торфяном месторождении.

Торфяное топливо применяется благодаря своему составу: высокая концентрация углерода, низкое количество серы, вредных негорючих остатков и примесей. Торф является перспективным ресурсом для малой и региональной энергетики и его можно использовать в различных установках горения и газификации во время подбора оптимальных режимов, для достижения высокой эффективности работы агрегата

Виды торфяного топлива. Известны различные варианты торфяного топлива:

- торфяная крошка;
- полубрикеты или кусковой торф;
- брикеты;
- пеллеты.

Торфяной крошкой называют материал, полученный фрезерным методом. Торфяная крошка практически не используется для отопления из-за сложности эксплуатации.

Кусковой торф является одним из самых бюджетных материалов для отопления. Но существуют также и его недостатки:

- полубрикеты обладают малой прочностью и могут распадаться на кусочки;
- имеет невысокую теплоту сгорания, но прогорает очень быстро;
- при сжигании образуется большое количество золы, которую можно использовать как удобрение в сельском хозяйстве;
- в полубрикетах часто можно найти различные включения: ветки, крупные куски коры или камушки. Чтобы исключить попадание примесей, необходимо предусмотреть в котле специальные фильтры, для просеивания после дробления. Иначе эти включения будут попадать в зольник, который необходимо будет чаще чистить.

Брикеты могут быть прямоугольными с круглыми краями, а также цилиндрическими и шестигранными призматическими. Прессованный брикет из торфа имеет гораздо больше эффективности и прочности, нежели обычный кусковой торф. Благодаря удобной и компактной форме брикеты легко транспортируются и хранятся. Брикеты применяют для отопления как домов, так и предприятий.

Габариты прямоугольного брикета:

- длина — 8–22 см;
- ширина — 4–9,5 см;
- высота — 1,5–7 см.

Габариты призматического и цилиндрического брикета:

- диаметр — 5–10 см;
- высота — 5–25 см.

Торфяные пеллеты — это округлые или цилиндрические гранулы длиной 1–7,5 см, диаметром — 0,5–2,5 см. Изготавливаются из любого типа фрезерованного торфа. Для отопления и хозяйственных помещений, и частных домов используют пеллеты. Иногда также применяются в котельных для того, чтобы обогреть малые общественные или промышленные здания.

Торфобрикеты и торфяные пеллеты наиболее подходят для отопления частных домов, так как не пылят и удобны в употреблении. Брикеты и пеллеты схожи по характеристикам, вследствие этого вопрос сводится лишь к персональным предпочтениям.

Таблица 1 – Сравнение характеристик торфобрикетов и пеллетов

Показатель	Торфобрикеты 1 сорта	Торфобрикеты 2 сорта	Пеллеты 1 сорта	Пеллеты 2 сорта
Влажность	до 16 %	до 20 %	до 16 %	до 20 %
Зольность	до 15 %	до 23 %	до 15 %	до 15 %
Теплота сгорания	15 МДж 3600 ккал	13,8 МДж 3300 ккал	15 МДж 3600 ккал	12,5 МДж 3000 ккал
Механическая прочность	95 %	94 %	от 95 %	от 90 %
Массовая доля прочности	5 %	6 %	до 5 %	до 10 %

Пеллеты используются в котлах с верхней загрузкой, а торфобрикеты – в котлах с боковой загрузкой.

Преимущества торфяного топлива:

- подходит для всех типов твердотопливных котлов;
- дает больше энергии, чем дрова и бурый уголь;
- быстро разгорается, выделяет мало дыма, не искрит;
- выгорает равномерно;
- поддерживает температуру в течение 8-10 часов;
- занимает мало пространства, удобен в хранении и транспортировке.

Недостатки торфяного топлива:

- легкая возгораемость;
- высокая гидрофильность;
- высокая зольность при сгорании;
- неприятный запах при горении;
- большее скопление сажи в дымоходе, чем после применения черного угля или антрацита.

Сравнение с другими видами топлива. Масса топлива для котлов, которое необходимо сжечь для производства 1 Гкал тепла:

- дрова – 400-480 кг;
- древесные брикеты – 290 кг;

- древесные гранулы – 260 кг;
- торф кусковый – 400 кг;
- торф фрезерный (крошка) – 460 кг;
- торфяные брикеты и пеллеты – 280 кг;
- бурый уголь – 535-630 кг;
- уголь каменный (антрацит) – 180 кг.

Торфяная промышленность Беларуси. Беларусь – страна, обладающая одними из самых крупных торфяных запасов в Европе. С 1896 г. в Беларуси развивается добыча торфа как источника топлива. Этот материал оставался основным видом топлива до 60–х годов XX века, а уже с конца 70–х годов начала происходить смена доступных ресурсов энергетики с использования торфа на мазут и газ.

Беларусь занимает пятое место по торфодобыче в мире. В 2019 году только на экспорт вывезено около 106 тысяч тонн торфа. Общую площадь торфяного фонда республики можно оценить в 2,4 млн га. Торфяные запасы оцениваются в 93,3 млн.т. Геоморфология, рельеф регионов и климатические условия республики обуславливают особенности распределения месторождения торфа по типу залежи. Суммарные запасы топлива можно отнести к низинному торфу (около 77 % фонда) и верховому торфу (менее 20 %).

Цены на торф в качестве энергетического сырья довольно стабильны, нежели цены на нефтегазовое топливо. Хотя торф и не может в полном объеме удовлетворить потребности человека в энергетических ресурсах, но частично заменить древесное топливо и уголь, а также возможно мазут и газ, при этом снизив пагубное влияние на экосистему, этот природный ресурс способен. Все факторы, приведенные выше демонстрируют целесообразность и необходимость использования торфа в энергетике республики.

Торфяные гранулы. В качестве альтернативного варианта использования торфа для топливных целей нами предлагается использование торфяных гранул, которые являются энергетическим топливом и могут широко применяться для всех типов твердотопливных котлов.

В нашем научном проекте создается партия торфяных гранул. Каждая гранула весит 8,5 граммов. Прессуются они на специальном станке при помощи специальной установки ручным методом, каждая таблетка детально изучается и описывается.

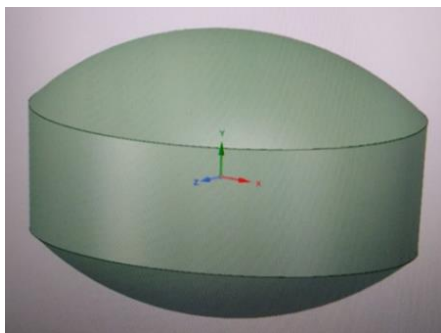


Рисунок 1 – Модель торфяной гранулы

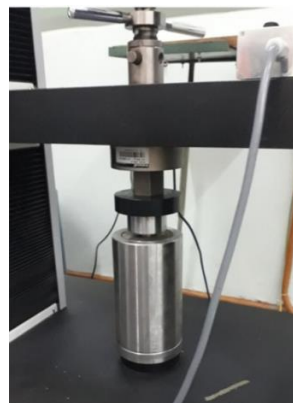


Рисунок 2 – Станок прессования

Список использованных источников:

1. Торф как топливо / [Электронный ресурс] // Грунтовозов: [сайт]. — URL: <https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/primenenie-torfa/torf-kak-toplivo> (дата обращения: 15.03.2023).

Морозова А. И., Игнатюк Т. В., Лешко Г. В.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА JAPAN WOOD TECHNOLOGY

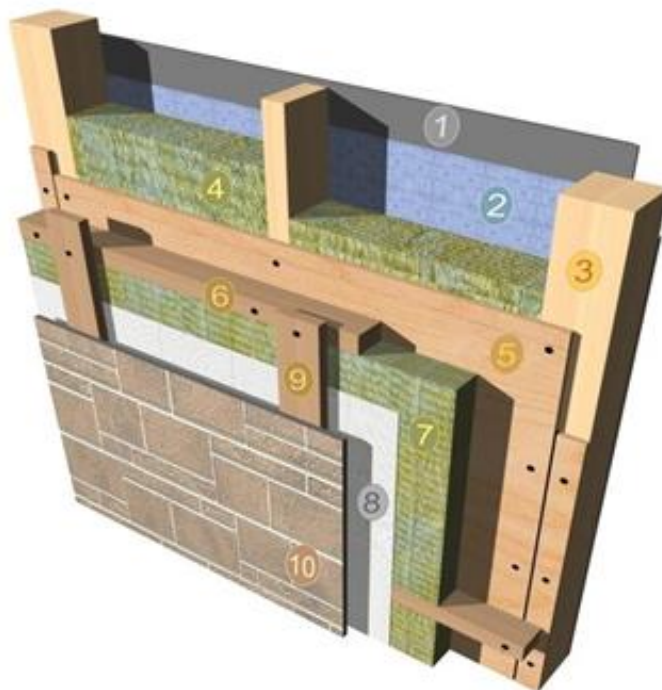
Брестский государственный технический университет, студентка факультета инженерных систем и экологии, кафедра ТСП.

Japan Wood Technology (JWT) – это технология строительства, которая использует инновационный метод соединения деревянных элементов без использования гвоздей, скоб и клея. JWT является японской разработкой. Представляет собой фахверковую технологию строительства, которая позволяет создавать крепкие и долговечные конструкции из дерева, выдерживающие даже сильные землетрясения, ураганы и пожары.

Данная технология обеспечивает прочность несущей конструкции, в которой используется стоечно-балочная конструкция, усиленная стеновыми панелями. Применение технологии JWT обеспечивает равномерное распределение нагрузки несущей конструкции дома. При строительстве японских домов «Иида» применяется клееная конструкционная балка (клееный брус) европейского стандарта качества и заданных параметров прочности.

Для дополнительной жесткости конструкции используются металлические крепежи из высокопрочной стали, импортируемые из Японии. Благодаря использованию японского крепежа обеспечивается плотное соединение узлов и минимальная усадка конструкции дома.

Стены японских домов «Иида» для состоят из нескольких слоев материалов.



1 – гипсокартон 2,5 мм; 2 – пароизоляционная пленка; 3 – конструкционная балка из клееного бруса 120 x 120 мм; 4 – минерально-ватные плиты 120 мм; 5 – фанера 12 мм; 6 – деревянная обрешетка 40 x 70 мм; 7 – минерало-ватные плиты высокой плотности 70 мм; 8 – гидро-ветрозащитная мембрана; 9 – деревянная контробрешетка 20 мм; 10 – фиброцементная панель 14 мм.

Рисунок 1 – Конструкция стены

Технология Japan Wood Technology позволяет создавать более прочные, устойчивые и долговечные конструкции. Кроме того, технология Japan Wood

Technology может быть использована в строительстве экологически чистых и энергоэффективных зданий, что также является актуальным в современном мире.

Заводское изготовление домокомплекта по технологии JWT минимизирует вероятность человеческой ошибки и обеспечивает возможность быстрой сборки и внутренней отделки. Такая технология дает определенную свободу при проектировании зданий.

«Ида Сангё Рус» – российское подразделение международной японской компании «Иида Сангё» на протяжении двух лет возводит жилые смарт-комплексы «Литл Токио» в разных регионах страны. Срок строительства готового дома под ключ с сантехникой, отделкой и мебелью – полгода. Стиль отделки клиент выбирает сам. Японские коттеджи разработаны и построены в концепции «Кадзи-Досен», позволяющей комфортно передвигаться по дому. Вместе с ключами каждому владельцу дома в «Литл Токио» вручают сертификат Dom Pro – он подтвердит качество выполненных работ, в том числе скрытых.

Информация Dom Pro доступна следующим домовладельцам, банкам и страховым компаниям. Это повышает лояльность банков при одобрении кредита, снижает тарифы страховщиков и ликвидность объекта на вторичном рынке.

Технология JWT актуальна и для Беларуси. В Беларуси, где дерево является одним из основных материалов для строительства, использование технологии JWT может иметь несколько перспективных направлений:

- энергоэффективное строительство. Конструкции, созданные с помощью технологии JWT, имеют высокую теплоизоляцию и могут существенно снизить затраты на отопление зданий.

- экологически чистое строительство. Дерево является экологически чистым материалом, и его использование в строительстве может сократить воздействие на окружающую среду.

- сокращение сроков строительства. Сборка конструкций из дерева с помощью технологии JWT может занимать гораздо меньше времени, чем традиционные методы строительства, что позволяет сократить сроки строительства и снизить затраты на рабочую силу.

- создание уникальных архитектурных решений. Технология JWT позволяет создавать сложные и нестандартные конструкции из дерева, что может стать основой для создания уникальных архитектурных решений.

Однако, применение технологии JWT в Беларуси может столкнуться с некоторыми препятствиями, такими как ограничения в использовании дерева в строительстве в некоторых городах, а также недостаток специалистов, знакомых с этой технологией. Но, несмотря на это, применение технологии JWT может иметь большой потенциал для развития деревянного строительства в Беларуси.

В Беларуси технология строительства Japan Wood Technology (JWT) находит практическое применение. Например, в 2021 году в Минске был построен трехэтажный деревянный дом с использованием технологии JWT.

Одним из наиболее перспективных направлений для применения технологии JWT в Беларуси является строительство низкоэтажных домов и коттеджей. Кроме того, технология JWT может быть применена для строительства складов, торговых центров, кафе и ресторанов, где важным критерием является быстрое и экономичное возведение зданий.

Технология JWT может использоваться для создания архитектурных форм и конструкций, которые трудно или невозможно создать с помощью других технологий. Например, это могут быть купольные конструкции, деревянные башни и мосты.

Также технология JWT может быть использована для реконструкции и реставрации исторических зданий, которые требуют сохранения оригинальных деталей и архитектурных решений.

Несмотря на то, что пока в Беларуси применение технологии JWT еще не является массовым явлением, ее потенциал для деревянного строительства уже заметен. В будущем ожидается расширение применения технологии JWT и ее все большее использование в различных областях строительства в Беларуси.

Список использованных источников:

1. «Заезжай и живи» в «Литл Токио»: как строят и сдают японские дома под ключ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.business-gazeta.ru/article/485190>
2. Немного о строительстве домов в Японии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nikbara.ru/2022/01/09/nemnogo-o-stroitelstve-domov-v-japonii/>

Кривецкий Н. С., Силюк Я. А.

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА БЫТОВЫХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЙ В АУДИТОРИЯХ УНИВЕРСИТЕТА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-18. Научный руководитель Новосельцева Д. В., к. т. н., доцент кафедры природообустройства

Теплопоступления от людей поступают в окружающую среду в виде явной и скрытой теплоты. Явное тепло отдаётся окружающей среде в результате конвективного и лучистого теплообмена. Скрытое тепло представляет теплосодержание водяных паров, испаряющихся с поверхности тела и лёгких человека. Часто эти понятия объясняют так: явная теплота изменяет температуру воздуха внутри помещения, а скрытая теплота изменяет влажность воздуха внутри помещения.

Полное количество, выделяемой человеком теплоты зависит, в основном, от степени тяжести выполняемой работы и в меньшей мере от температуры помещения и теплозащитных свойств одежды. С повышением интенсивности работы и температуры окружающего воздуха увеличивается доля тепла, передаваемого в виде скрытого тепла испарения. При температуре воздуха 34 °С всё тепло, выработанное организмом, отдаётся путём испарения.

Таблица 1 – Количество тепла, выделяемого одним взрослым человеком

Тепловыделения	Температура окружающего воздуха, °С					
	10	15	20	25	30	35
В состоянии покоя						
явные	143	116	87	58	41	12
скрытые	23	29	29	35	52	81
полные	166	145	116	93	93	93
При легкой работе (категория I)						
явные	151	122	99	64	41	16
скрытые	29	35	52	81	105	130
полные	180	157	151	145	146	146

В таблице 1 приведены данные о тепловыделениях взрослого мужчины в легкой одежде при различных температурах воздуха в помещении и различных видах деятельности. Теплопоступления от людей в верхней одежде следует вводить в расчет с коэффициентом 0,75.

В этой связи можно высказать несколько замечаний:

- вне зависимости от вида деятельности общее количество выделяемой телом тепловой энергии при низких температурах окружающей среды выше, чем при высоких температурах;
- при низких температурах окружающей среды значение явного (ощутимого) тепла значительно выше показателей скрытого тепла, и наоборот, при высоких температурах преобладает выделение скрытого тепла;
- при температурах, соответствующих комфортному состоянию ($22 \pm 2^\circ\text{C}$), при сидячем роде занятий, общее количество выделяемого тепла распределяется приблизительно в следующей пропорции:
 $p=60$ — 65% явного тепла и 40 — 35% скрытого тепла.
- с повышением физических нагрузок начинает преобладать выделение скрытого тепла.

Теплопоступления от людей определяются по следующему выражению, Вт,

$$Q_{я.л} = q_{я} \cdot n \cdot k_{л},$$

$$Q_{п.л} = q_{п} \cdot n \cdot k_{л},$$

где n – расчетное количество человек;

$q_{я}, q_{п}$ – количество явного и полного тепла соответственно, выделяемого одним взрослым человеком, принимаемое по таблице 1, Вт;

$k_{л}$ – коэффициент, учитывающий пол и возраст находящихся в помещении людей ($k_{л} = 1$ – для мужчин, $k_{л} = 0,85$ – для женщин, $k_{л} = 0,75$ – для детей).

В этом исследовании нами определено количество теплоты, выделяемого одним студентом во время лекционных занятий. Для этого мы измеряли температуру воздуха в аудитории до и после занятия, получив разницу температур и, зная объем помещения и удельную теплоёмкость воздуха, можно определить теплопоступления.

Таблица 2 – Расчет количества тепла, выделяемого одним студентом

№ измерения	Температура воздуха, °C			Объем помещения $V, \text{ м}^3$	Количество человек	Общие теплопоступления $Q, \text{ Дж}$	Теплопоступления от одного человека $q, \text{ Дж}$	Теплопоступления от одного человека $q, \text{ Вт}$
	В начале занятия	В конце занятия	Разница					
1	20	20,6	0,6	217,8	17	158257	9309	1,9
2	23,2	24,4	1,2	101,4	20	147358	7368	1,5
3	21,7	23,3	1,6	217,8	20	422018	21101	4,4
4	19,5	21,6	2,1	217,8	19	553899	29153	6,1
5	21,9	23	1,1	217,8	13	290137	22318	4,6
6	21,8	24,1	2,3	217,8	17	606651	35685	7,4
7	21,7	23	1,3	217,8	20	342890	17144	3,6
8	18	22,3	4,3	217,8	25	1134173	45367	9,5
9	21,7	23,2	1,5	101,4	20	184197	9210	1,9
10	20,6	22,6	2	217,8	21	527522	25120	5,2
11	19,8	21,5	1,7	217,8	23	448394	19495	4,1
Среднее количество теплоты от одного человека								4,6

$$Q = \Delta t \cdot V \cdot c \cdot \rho, \text{кДж}$$

где V – объем помещения, м^3 ;

Δt – разница температур до и после занятия, $^{\circ}\text{C}$;

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

ρ – плотность воздуха, равная $1,205 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Исходя из результатов вычислений можно сделать вывод, что полученное значение не соответствует данным таблицы 1. Основными причинами несоответствия являются: увеличение тепловых потерь помещения с ростом температуры внутреннего воздуха, работой системы вентиляции, а также индивидуальным метаболизмом каждого человека и большим количеством студенток в аудитории (женщины выделяют на 15 % меньше тепла, чем мужчины).

Список использованных источников:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hvac-school.ru/tepl_balans/metodika_rascheta/teploti_pomeshhen/. – Дата доступа: 21.04.2023.
2. Кондиционирование воздуха общественного здания: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Сост. Е. М. Хромова. – Томск. : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008. – 56 с.

Максимчук Е. И., Кирикович Н. Ю.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА БАСЕЙНА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Янчилин П. Ф., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха

Периоды года	Температура наружного воздуха $t_n, ^{\circ}\text{C}$;	Энтальпия наружного воздуха $I_n, \text{кДж}/\text{кг}$	Скорость ветра $V, \text{м}/\text{с}$
Теплый	27,2	53,0	2,3
Холодный	-21,0	-19,6	3,1

Температура воды

Для обеспечения требуемых параметров микроклимата температуру воды в бассейнах рекомендуется принимать согласно таблице 2. [2]

Для спортивного типа проектируемого бассейна принимаем температуру воды равной $26 ^{\circ}\text{C}$.

Температура воздуха в помещениях плавательного бассейна

Для обеспечения требуемых параметров микроклимата температура воздуха в зале с ваннами бассейна должна быть на 1-2 °С выше температуры воды в бассейне, но не менее 24°С и не более 34°С. Рекомендуемые значения температуры для помещений, входящих в состав плавательного бассейна, приведены в таблице 3. [2]

Применительно к нашему помещению с ванной бассейна принимаем температуру воздуха в помещении равную 27°С, тем самым попадаем в существующий диапазон между минимальным и максимальным значением.

Таблица 2 – Температура воды в бассейнах

Тип бассейна	Температура воды t_w , °С
Спортивный	24–28
Рекреационный	26–29
Детский	
- дети до 7 лет	30–32
- дети старше 7 лет	29–30
Лечебный	36
Джакузи	36
Бассейн в бане:	
- холодный	15
- горячий	35
Охлаждающий	10

Таблица 3 – Температура воздуха в помещениях плавательного бассейна

Тип помещения	Температура воздуха t_v , °С	
	минимальная	максимальная
Вспомогательное	20	-
Лестничный марш	18	-
Раздевалка	22	28
Санузел и техническое помещение	22	26
Душевая и совмещенный с ней санузел	26	34
Зал с ваннами бассейна	24	34

Влажность воздуха в помещениях плавательного бассейна. Влагосодержание воздуха в помещениях плавательного бассейна не должна превышать 14,3 г/кг.

Для предотвращения повышенного испарения и нежелательной конденсации, а также для снижения негативного воздействия влаги на металлические и деревянные конструкции необходимо поддерживать относительную влажность воздуха в пределах 50–65 %. Кратковременное отклонение параметров от рекомендуемых значений не приводит к ухудшению состояния ограждающих конструкций. [1]

Для холодного периода приняли относительную влажность равную 50 %, а для теплого периода 65 %.

В случае использования в помещениях плавательного бассейна клеевых деревянных конструкций необходимо согласовать с изготовителями этих конструкций параметры воздуха в зоне их расположения.

Таблица 4 – Температура поверхностей

Тип поверхности	Температура поверхностей, °С
Для сидения	—
Пол в зонах, где находятся люди без обуви	—
Нагретая поверхность в зоне, где находятся люди без одежды (при отсутствии защиты от касания)	<50

Температура поверхностей. Температура нагретых поверхностей, которые могут быть доступны посетителям, не должна превышать значений, приведенных в таблице 4. [3]

Приведенные выше данные использовали при расчете теплоступлений от обходных дорожек.

Влияние влажности на ограждающие конструкции и системы кондиционирования воздуха и вентиляции. Наличие в помещениях плавательного бассейна поверхностей с температурой ниже, чем температура точки росы, приводит к выпадению конденсата на таких поверхностях, в связи с этим все трубопроводы и воздухопроводы, проложенные в рамках проектируемого помещения, должны быть теплоизолированы.

Примечание: появление влаги на данных поверхностях может быть интенсивным и способствовать образованию грибков и плесени в местах сопряжения со стеной.

Особенность микроклимата плавательных бассейнов заключается также в том, что влажность воздуха в залах с ваннами бассейна неравномерно распределяется по высоте, поскольку влажный воздух, будучи легче сухого, перемещается в верхнюю зону помещения.

В помещениях с высотой потолков менее 4 м распределение воздушных масс обычно более однородное, но опасность представляют повышенная подвижность воздуха в рабочей зоне и контакты воздуха с холодными (чаще всего наружными) ограждениями.

При наличии подвесных потолков в залах с ваннами бассейна необходимо обеспечивать естественную или механическую вентиляцию полостей за подвесными потолками и иными элементами внутреннего оформления в целях исключения выпадения конденсата на элементах строительных конструкций, расположенных внутри указанных полостей.

Воздух в плавательных бассейнах содержит следы химически активных веществ (свободный хлор и хлорамины), поэтому он является агрессивной средой по отношению к металлам, бетону и т.п. Вентиляционное оборудование должно обладать повышенной антикоррозионной стойкостью. Антикоррозионные покрытия должны использоваться не только для внутренних панелей вентиляционных установок, но и для соединительных узлов, элементов рамы, крепежа и других деталей. Поскольку у оцинкованных изделий уязвимыми местами являются места резов и гибки, желательно проводить горячее цинкование деталей только после вырубных и гибочных операций. Для наиболее ответственных деталей, кроме того, рекомендуется использовать специальное эмалевое покрытие внутренних поверхностей, которые контактируют с влажным воздухом.

Защита от коррозии также достигается за счет конструктивного исполнения. С целью предотвращения накопления влаги и растворенного в ней хлора в щелях корпуса вентиляционной установки рекомендуется стыковать панели заподлицо путем использования соединений типа "ласточкин хвост" и сбойных планок. На воздухопроводах, транспортирующих влажный воздух, следует предусматривать отвод в дренаж сконденсированной влаги. [2]

Системы кондиционирования, вентиляции и осушения воздуха в залах с ваннами бассейна. Раздача приточного воздуха в помещениях плавательных бассейнов и аквапарков выполняется с учетом размещения посетителей, а также конструктивных особенностей здания, светопрозрачных конструкций, перекрытий и пр. Приоритетной задачей является обеспечение требуемых параметров микроклимата.

В залах с ваннами бассейна во избежание сквозняков рекомендуется организация приточных струй с подвижностью воздуха менее 0,15 м/с. Для этого целесообразно применять воздухораспределительные устройства с автоматической настройкой дальности струи при помощи регулируемого направляющего аппарата.

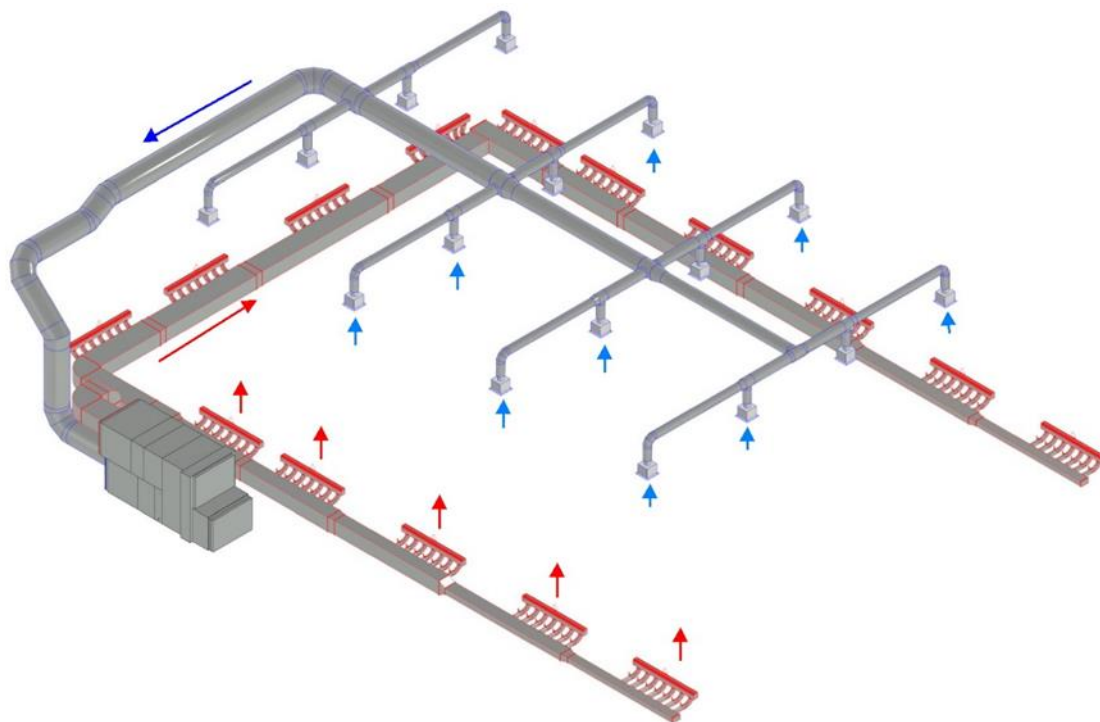


Рисунок 1 – Схема вытеснением. Совмещенная система кондиционирования и воздушного отопления.

В помещениях общественных плавательных бассейнов потолки, как правило, имеют высоту более 4 м. Если располагать низкоскоростные приточные диффузоры под потолком, то возможны сложности с организацией подачи воздуха вниз. Чтобы избежать сложной наладки, подачу воздуха осуществляют с уровня пола, так чтобы воздух омывал наиболее холодные поверхности. Данное решение рекомендуется при совмещении кондиционирования и воздушного отопления в условиях холодного климата (рисунок 1).

Вытяжные решетки не рекомендуется располагать на уровне раздачи приточного воздуха, т.к. сухой наружный воздух пойдет напрямую на вытяжку, не смешиваясь с воздухом кондиционируемого помещения. При наличии джакузи или ванны детского плавательного бассейна вытяжные решетки рекомендуется размещать рядом с этими источниками повышенных влаговыделений. При необходимости для локализации более влажного воздуха в таких зонах следует использовать дополнительный вытяжной вентилятор.

Для предотвращения поступления более влажного воздуха и запахов химически активных веществ из зала с ваннами бассейна в смежные помещения необходимо поддерживать отрицательный дисбаланс (разрежение) по отношению к прилегающим помещениям. Превышение вытяжки над притоком не должно быть более 10-15%, иначе возможно получить другие источники дискомфорта: сквозняки через недостаточно герметичные двери, запахи из раздевалок и пр.

В случае отдельно стоящего здания крытого плавательного бассейна рекомендуется поддерживать положительный дисбаланс (подпор), обеспечивая превышение притока над вытяжкой для предотвращения инфильтрации наружного

воздуха. Величина создаваемого подпора воздуха должна быть не выше 20 Па, что не препятствует открыванию и закрыванию входных дверей.

Внутренние поверхности ограждающих конструкций залов с ваннами бассейна должны иметь температуру выше температуры точки росы удаляемого воздуха (обычно 16 °С). Рекомендуется, чтобы самая холодная поверхность имела температуру на 3 °С выше температуры точки росы.

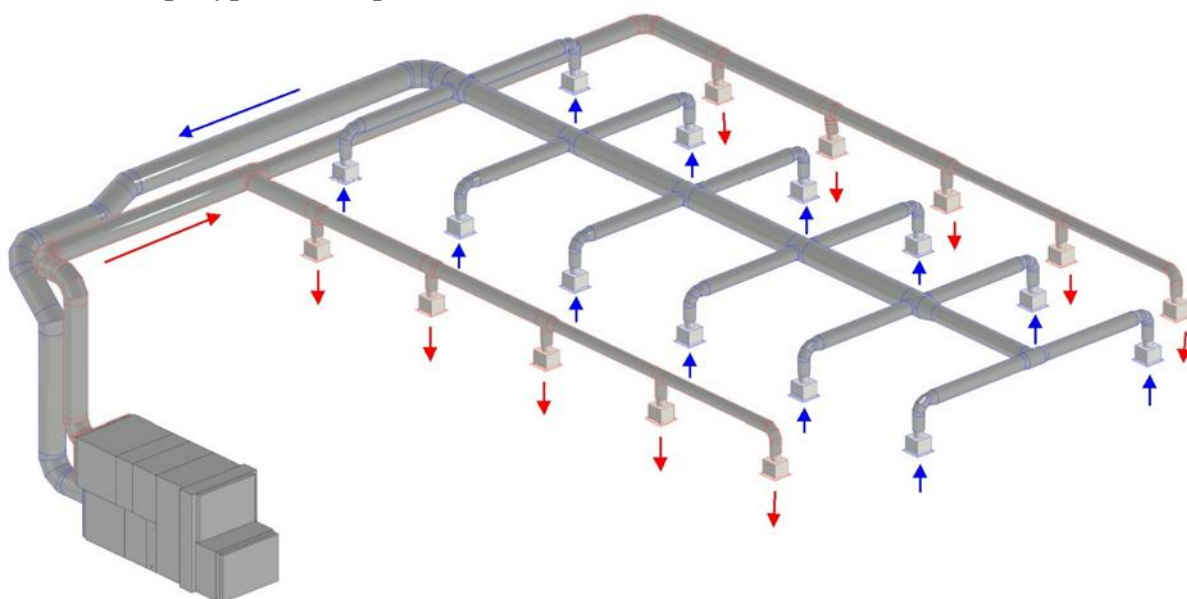


Рисунок 2 – Схема смешиванием. Верхняя раздача подогретого воздуха

Наиболее простым решением является локальный нагрев воздуха в зоне окон, например, с помощью традиционных радиаторов отопления, который, однако, применим только при небольшой площади остекления (менее 20 %) или же, для предотвращения образования конденсата, с помощью внутрительных конвекторов с искусственным побуждением. В этом случае можно применить схему смешиванием - организация раздачи подогретого приточного воздуха настилающимися компактными струями. (рисунок 2).

Для защиты элементов ограждающих конструкций от переувлажнения и преждевременного разрушения рекомендуется организация контроля температур поверхностей и воздуха у потолков. При возникновении условий для конденсации необходимо включать самостоятельную систему обдува потолков либо производить их обдув теплым воздухом с помощью воздухораспределителей с изменяемой формой струи. Такой обдув потолков рекомендуется проводить также для их защиты в нерабочее время при наличии влаговывделений с зеркала воды бассейна.

Подводя итог, получили следующие расчетные параметры: расчетная температура внутреннего воздуха t_v для помещений плавательных бассейнов принимается в соответствии с рекомендациями АВОК Р НП «АВОК» 7.5–2020 на 1–2 °С выше температуры поверхности воды в бассейне. При этом температуру поверхности воды в бассейне необходимо поддерживать на уровне 26–28 °С. Расчетная температура воды в ваннах крытых бассейнов для спортивного плавания принимается равной 26 °С. Нормируемая температура воздуха в бассейнах — 27–28 °С (принимаем 27 °С). Температура воздуха удаляемого из верхней зоны помещения: $t_y = 28^\circ\text{C}$ принимаем в холодный период, $t_y = 30,6^\circ\text{C}$ принимаем в теплый период.

Нормируемая относительная влажность внутреннего воздуха (φ_v) в помещениях плавательных бассейнов принимается в соответствии с рекомендациями АВОК Р НП

«АВОК» 7.5–2020 равной 50–65 % (в теплый период года принимаем 65 %, в холодный -50 %).

Согласно расчёту имеющихся видов вредных выделений (теплота, влага, вредные газы или пары вредных веществ) в один из расчётных периодов года (тёплый или холодный) в зале бассейна был принят следующий воздухообмен, учитывающий ассимиляцию теплоты в теплый период расчётного помещения при схеме воздухораспределения вытеснением: $L = 9370\text{м}^3/\text{ч}$; учитывающий ассимиляцию теплоты в теплый период расчётного помещения при схеме воздухораспределения смешиванием: $L = 5920\text{м}^3/\text{ч}$. С целью обеспечения расчётного воздухообмена с поддержанием принятых расчётных параметров было запроектировано несколько схем кондиционирования воздуха (рис.1, 2), в состав которой входит:

- приточно–вытяжная установка;
- система воздухопроводов;
- воздухораспределители типа 4АПН – Четырехсторонние потолочные диффузоры, АРС – щелевая решетка.

Список использованных источников:

1. Пособие к СНиП 2.08.02–89 Проектирование бассейнов. – 1991.
2. Р НП «АВОК» 7.5–2020 «Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования»
3. СН 4.02.03–2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.

Харченко В. Д.

РАБОТА С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ СЕМЕЙСТВАМИ В AUTODESK REVIT

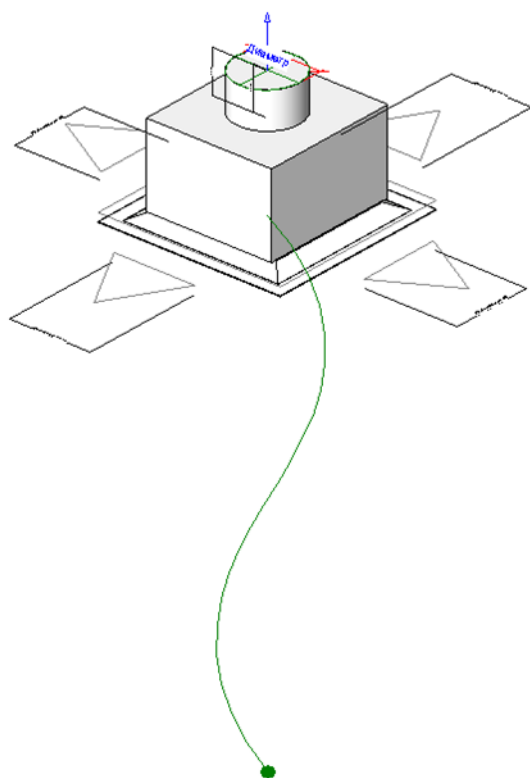
Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Янчилин П. Ф., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Revit — это программное обеспечение для проектирования зданий и сооружений, которое позволяет создавать параметрические модели, содержащие информацию о каждом элементе здания. Одним из важнейших аспектов при работе инженера в Autodesk Revit является работа с параметрическими семействами. Хочу раскрыть тему параметрических семейств и работы с ними на примере проектирования систем вентиляции и кондиционирования.

Создание параметрических семейств в Revit позволяет определить свойства элементов здания, такие, как размеры, материалы, цвета и т.д. Эти свойства могут быть использованы для автоматического создания спецификаций, которые содержат информацию о каждом элементе здания, включая его количество, размеры, вес и стоимость.

Параметрическими семействами являются абсолютно все составляющие модели, такие как воздухопроводы, оборудование, арматура воздухопроводов. Параметрические компоненты Autodesk Revit (в самой программе их называют семействами) представляют собой открытые графические объекты, с помощью которых создаются проект и форма здания. Это одна из множества мощных

функций, заложенных в Revit: семейства позволяют без особых усилий наполнять проект дополнительной информацией о структуре сооружения и взаимодействии конструкций друг с другом.



Имя типа: 4АПН 450x450 + ЭКСД торцевое

Параметры поиска

Параметр	Значение	Формула
B	450.0	=
ADSK_Размер_Длина	450.0	=A
ADSK_Размер_Ширина	450.0	=B
A1	306.0	=ADSK_Размер_Длина - 144 мм
B1	306.0	=ADSK_Размер_Ширина - 144 м
C	200.0	=
D	159.0	=
E	88.0	=if(Регулирующее устройство, 19
G	210.0	=
a	335.0	=
b	309.0	=
Подключение_Диаметр	160.0 мм	=
УГО_Сторона треугольника	200.0	=
Механизмы - Расход		
ADSK_Потеря давления воздуха (по ум	0.00 Па	=K_Регулятор * 1 Па * (S / 100000
ADSK_Расход воздуха (по умолчанию)	0.00000 м³/ч	=
Макс. расход		=
Мин. расход		=
Свойства модели		
Уровень шума фактический (по умолча	25.000000	=if(Уровень шума = L20, 20, if(Ур
Площадь живого сечения	0.041	=size_lookup("4АПН_ЭКСД_П", "F",
Площадь расчетная	0.083	=size_lookup("4АПН_ЭКСД_П", "F0
Площадь ЭКСД (по умолчанию)	0.000	=size_lookup("4АПН_ЭКСД_П", "E1

Рисунок 1 – Пример семейства с его информационным наполнением

<Спецификация воздуховодов>			
A	B	C	D
Имя системы	Расход	Размер	Длина
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	2020.5 м³/ч	700 ммx200 мм	120
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	160 ммø	140
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	2424.5 м³/ч	700 ммx200 мм	500
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	1616.4 м³/ч	600 ммx200 мм	120
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	160 ммx160 мм	140
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	2020.5 м³/ч	600 ммx200 мм	2295
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	1212.3 м³/ч	450 ммx200 мм	120
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	160 ммx160 мм	140
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	1616.4 м³/ч	450 ммx200 мм	2295
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	808.2 м³/ч	350 ммx200 мм	120
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	160 ммx160 мм	140
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	1212.3 м³/ч	350 ммx200 мм	2295
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	250 ммx200 мм	120
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	160 ммx160 мм	140
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	808.2 м³/ч	250 ммx200 мм	2295
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	200 ммx200 мм	2150
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	200 ммx200 мм	2150
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	200 ммx200 мм	15
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	1212.3 м³/ч	450 ммx200 мм	120
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	404.1 м³/ч	160 ммx160 мм	140
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	1616.4 м³/ч	450 ммx200 мм	4590
Механизмы ADSK_Приточный воздух 1	808.2 м³/ч	350 ммx200 мм	120

Рисунок 2 – Пример отчетов.

Благодаря информационной наполненности семейства проектировщик может выполнять расчеты, создавать спецификации и следить за стадиями проекта.

Чтобы создать спецификации с помощью информационной наполненности семейств Revit, необходимо определить все свойства элементов здания, которые должны быть включены в спецификации. Затем необходимо создать параметрические семейства для каждого элемента здания и определить свойства каждого элемента.

После того, как все свойства определены, можно создать спецификации, используя функцию "Отчеты" в Revit. Эта функция позволяет выбирать параметры, которые должны быть включены в спецификации, и автоматически генерировать отчеты на основе информации, содержащейся в параметрических семействах.

В целом, работа с информацией в Revit, благодаря параметрическим семействам, позволяет значительно ускорить процесс создания спецификаций и других отчетов, а также обеспечить точность и надежность получаемых данных.

Список использованных источников.

1. Работа с параметрическими компонентами Autodesk Revit [Электронный ресурс]. - <https://sapr.ru/article/16792>

Брень В. А., Лузянин П. С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМЕРЫ ОРОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ КИНОТЕАТРА

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Янчилин П. Ф., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Кондиционирование воздуха — это автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) на определённом уровне с целью обеспечения главным образом оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры [1].

Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемых системой кондиционирования воздуха (СКВ) [1].

Общие сведения о проектируемом объекте:

Кинозал, рассчитан на 154 посадочных места. Помещение расположено на уровне двух этажей здания кинотеатра (1 и 2 этажа). Высота этажа от пола до потолка $h = 7,3$ м.

Характеристика данного помещения:

- Кинозал, площадью ($F = 347 \text{ м}^2$) и объёмом ($V = 2034 \text{ м}^3$);
- Световые проёмы (окна) отсутствуют, так как помещение расположено внутри здания и ограждается внутренними несущими стенами;
- Предполагаемое количество людей в помещении 154 человека;
- Помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей;
- Расчётный расход воздуха: $L_p = 14252 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $G_p = 17102 \text{ кг}/\text{ч}$.

В данной статье проводим сравнение камер орошения с различной компоновкой СКВ в тёплый период года.

Построение начинаем с нанесения на I-d диаграмму точек H^T и B^T , характеризующих состояние наружного ($t_H=26,2^\circ\text{C}$ и $I_H=51,1$ кДж/кг) и внутреннего воздуха ($t_B=25^\circ\text{C}$ и $\phi_B=60\%$) для расчётных 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 $\epsilon_T=7396$ 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 $t_{П} = \text{const} = 23^\circ\text{C}$), точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_Y = \text{const} = 27^\circ\text{C}$).

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

1. Прямоточный процесс обработки воздуха с байпасом и камерой орошения в тёплый период года.

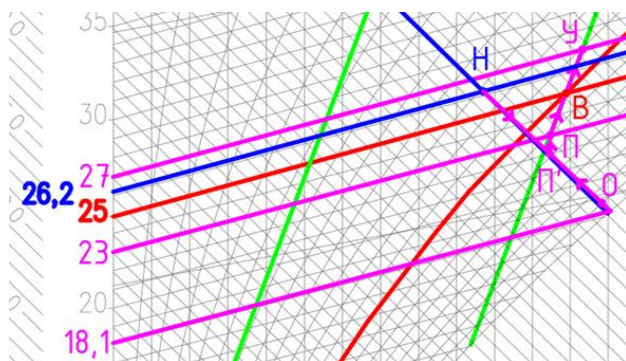


Рисунок 1 – Прямоточный процесс обработки воздуха с байпасом и камерой орошения в тёплый период года

Путь обработки: «наружный воздух» – «разделение наружного воздуха» - «орошение» - «смешение с наружным воздухом».

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобилась камера орошения, для которой необходимо подать 30,12 кг/ч влаги и подогреть воду до $18,1^\circ\text{C}$, затратив 0,29 кВт/ч электроэнергии и дополнительная установка подогрева воды, а также байпасная линия.

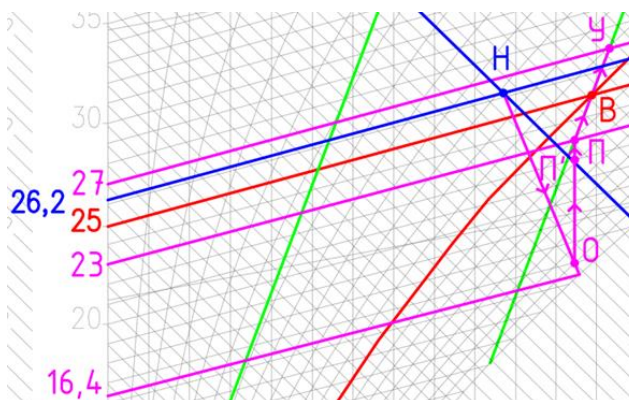


Рисунок 2 – Прямоточный процесс обработки воздуха с камерой орошения и вторым подогревом в тёплый период года

2. Прямоточный процесс обработки воздуха с камерой орошения и вторым подогревом в тёплый период года.

Путь обработки: «наружный воздух» – «орошение» – «нагрев».

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобилась камера орошения, для которой необходимо подать 30,1 кг/ч влаги и подогреть воду до 16,4 °С, затратив 0,21 кВт/ч электроэнергии и дополнительная установка подогрева воды, а калорифер для обеспечения конечных параметров с затратами 24,7 кВт/ч на электроэнергию.

3. Прямоточный процесс обработки воздуха с байпасом, камерой орошения и пароувлажнителем в тёплый период года.

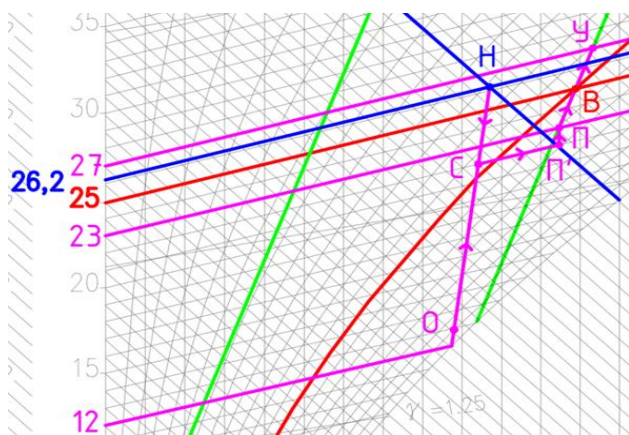


Рисунок 3 – Прямоточный процесс обработки воздуха с байпасом, камерой орошения и пароувлажнителем в тёплый период года

Путь обработки: «наружный воздух» – «разделение наружного воздуха» – «орошение» - «смешение с наружным воздухом» – «пароувлажнение».

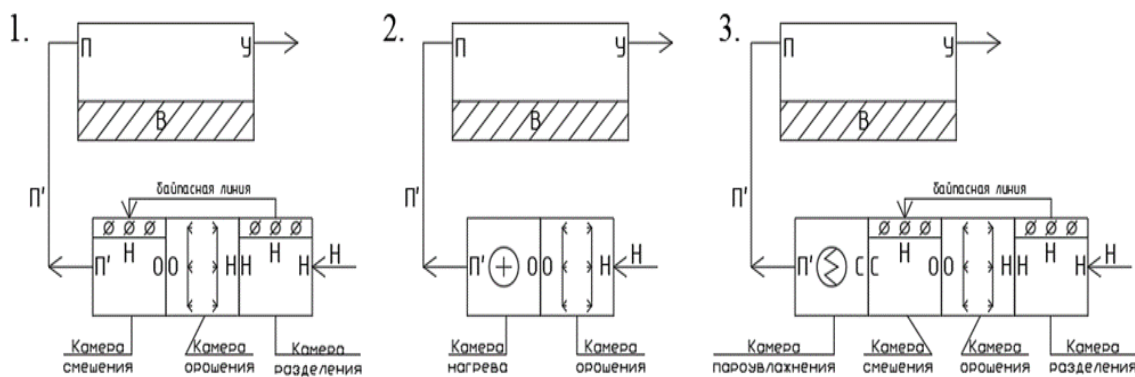


Рисунок 4 – Принципиальные схемы процессов

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобилась камера орошения, для которой необходимо подать 4,9 кг/ч влаги и 57,96 кВт/ч электроэнергии для отвода тепла, а также камера пароувлажнения с количеством пара 35,1 кг/ч. Для пароувлажнения требуется нагреть воду с затратами 3,19 кВт/ч электроэнергии, а также нагреть пар с затратами 22,04 кВт/ч электроэнергии. Также необходима байпасная линия. Принципиальные схемы процессов на рисунке 4.

Основные данные по процессам с камерой орошения в тёплый период года заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристика процессов с камерой орошения в тёплый 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 байпасом и камерой орошения	1. Камера орошения	Температура воды не соответствует требуемой (30,12 кг/ч влаги и 0,29 кВт/ч для подогрева воды)		
2. Прямоточный процесс с камерой орошения и вторым подогревом	1. Камера орошения 2. Калорифер	88930 (24,7 кВт/ч)	Температура воды не соответствует требуемой (30,1 кг/ч влаги и 0,21 кВт/ч для подогрева воды)	
3. Прямоточный процесс с байпасом, камерой орошения и пароувлажителем	1. Камера орошения 2. Пароувлажнитель	208644 (57,96 кВт/ч)	4,9 35,1 (28 кВт/ч)	Не требуется

При выборе применяемого процесса для тёплого периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, предпочтительнее применять прямоточную систему и количество требуемых секций должно быть минимальным. По всем параметрам подходит прямоточный процесс обработки воздуха с байпасом и камерой орошения: для его обеспечения нужна камера орошения и специальная водоподготовительная станция.

Вывод. Для тёплого периода года (ТП) выбираем прямоточный процесс обработки воздуха с байпасом и камерой орошения.

Список использованных источников:

1. Кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 30.04.2023.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19 (с отменой СНБ 4.02.01-03). – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 68 с.
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.

Харченко В. Д.

КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ В AUTODESK REVIT

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Янчилин П. Ф., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

На сегодняшний день проектировщик имеет огромное количество программных комплексов, с помощью, которых он может сконструировать систему

кондиционирования. В наше время буквально каждый инженер может создавать 2D чертежи. Однако в этой статье я хочу затронуть тему 3D проектирования на базе Autodesk Revit.

Начиная проектировать в Autodesk Revit, проектировщик должен получить от архитектора проект либо его информационную модель в поддерживаемом расширении для выгрузки модели самого здания, для которого проектируется система кондиционирования, с целью иметь координацию в пространстве и, исходя из габаритов, продумывать прокладку воздуховодов.

Кардинальное отличие работы проектировщика в Autodesk Revit от всем известного Autodesk AutoCAD в том, что инженер работает в программе не просто с визуальным отображением геометрии, а также с информацией, которая заложена в параметризованных семействах. Например, при работе в Autodesk AutoCAD мы на схемах всю арматуру, а также оборудование обозначаем условными общепринятыми символами и показываем в виде условного прямоугольника с примерными габаритами. Однако мы не оперируем моделью непосредственно от производителя. В случае использования проектировщиком Autodesk Revit работаем с объемным параметрическим семейством (если производитель предоставляет таковое).

При выполнении своих проектов я пользуюсь программой Ventmaster V5, которая, исходя из каталогов оборудования (Salda) делает сборку вентустановки, рассчитывая секции исходя из данных (температур, расхода, потерь давления).

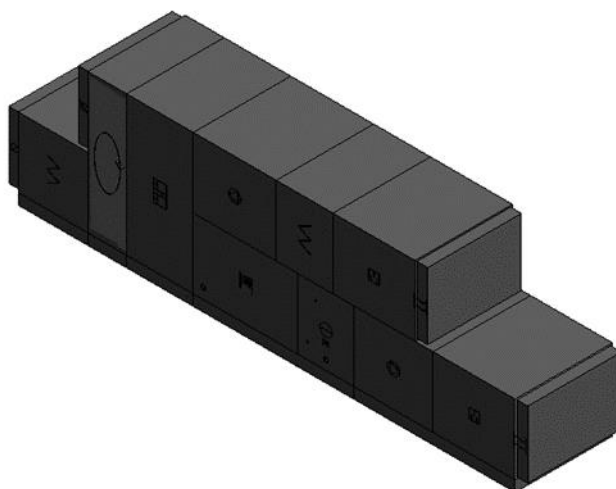


Рисунок 1 – Параметризованное семейство в Autodesk Revit, выгруженное из Ventmaster V5 (Salda)

Что такое параметрическое семейство и почему оно нужно для проектирования в Autodesk Revit. Параметризованное семейство — это в первую очередь 3D объект, который позволяет идеально точно разместить на плане оборудование. Так как семейства разрабатываются производителями, и чаще всего проектировщик использует те же семейства, что и будут заложены в реальном объекте, за исключением случаев, когда нужный производитель не может предоставить семейства для своих продуктов. Вторым, но не менее важным преимуществом семейств является их информационная наполненность, которая очень сильно влияет на общий функционал программы. Основная цель параметризации семейств в Autodesk Revit (MEP) – это возможность производить расчеты, такие, как аэродинамический расчет и подбор диаметров воздуховода непосредственно самой программой.

1)

Расчеты полной потери давления по участкам										
Разрез	Элемент	Расход	Размер	Скорость	Рабочее давление	Длина	Коэффициент потерь	Трение	Полная потеря давления	Потери давления на участке
1	Фитинги	404.1 м ³ /ч	-	0.0 м/с	18.7 Па	-	0.062509	-	1.2 Па	23.3 Па
	Воздухораспределитель	404.1 м ³ /ч	-	-	-	-	-	-	22.1 Па	
2	Воздуховод	404.1 м ³ /ч	200 ммх200 мм	2.8 м/с	-	2165	-	0.57 Па/м	1.2 Па	6.7 Па
	Фитинги	404.1 м ³ /ч	-	2.8 м/с	4.7 Па	-	1.15	-	5.4 Па	
3	Воздуховод	404.1 м ³ /ч	250 ммх200 мм	2.2 м/с	-	120	-	0.33 Па/м	0.0 Па	3.0 Па
	Фитинги	404.1 м ³ /ч	-	2.2 м/с	3.0 Па	-	0.99	-	3.0 Па	
4	Воздуховод	808.2 м ³ /ч	250 ммх200 мм	4.5 м/с	-	2295	-	1.17 Па/м	2.7 Па	3.0 Па
	Фитинги	808.2 м ³ /ч	-	4.5 м/с	12.1 Па	-	0.028571	-	0.3 Па	
5	Воздуховод	808.2 м ³ /ч	350 ммх200 мм	3.2 м/с	-	120	-	0.54 Па/м	0.1 Па	2.0 Па
	Фитинги	808.2 м ³ /ч	-	3.2 м/с	6.2 Па	-	0.32	-	2.0 Па	
6	Воздуховод	1212.3 м ³ /ч	350 ммх200 мм	4.8 м/с	-	2295	-	1.12 Па/м	2.6 Па	2.9 Па
	Фитинги	1212.3 м ³ /ч	-	4.8 м/с	13.9 Па	-	0.022222	-	0.3 Па	

2)

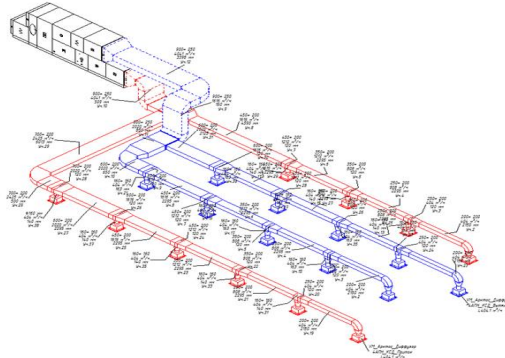


Рисунок 2 – 1) Пример аэродинамического расчета, 2) пример системы кондиционирования

Подводя итог моим наблюдениям, полагаю, что заниматься конструированием в Autodesk Revit удобнее как для проектировщика, так и для самого заказчика, т. К. упрощается процесс чтения чертежей. Проектировщику Autodesk Revit позволяет избежать ошибок с расположением оборудования, сетей воздуховодов и арматуры для регулирования.

Список использованных источников:

1. Revit для проектирования инженерных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/products/revit/mer>.
2. VTS BIM – новые технологии при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6696.
3. Revit. BIM model of architectural projects with elements of cold and hot water supply [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/VPJmr-GM9aE>.

Кирикович Н. Ю.

СХЕМА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫТЕСНЕНИЕМ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ И ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОДЫ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Янчилин П. Ф., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

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

Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха

Периоды года	Температура наружного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$;	Энтальпия наружного воздуха $I_n, \text{кДж/кг}$	Скорость ветра $V, \text{м/с}$
Теплый	27,2	51	2,9
Холодный	-21,0	-19,6	3,7

Расчетная температура внутреннего воздуха t_v для помещений плавательных бассейнов принимается в соответствии с рекомендациями АВОК Р НП «АВОК» 7.5–2020 на 1–2 °С выше температуры поверхности воды в бассейне. При этом температуру поверхности воды в бассейне необходимо поддерживать на уровне 26–28 °С. Расчетная температура воды в ваннах крытых бассейнов для спортивного плавания принимается равной 26 °С. Нормируемая температура воздуха в бассейнах — 27–28 °С (принимаем 27 °С). Температура воздуха удаляемого из верхней зоны помещения: $t_y = 28 ^\circ\text{C}$.

Нормируемая относительная влажность внутреннего воздуха (φ_v) в помещениях плавательных бассейнов принимается в соответствии с рекомендациями АВОК Р НП «АВОК» 7.5-2020 равной 50–65 % (в теплый период года принимаем 65 %, в холодный -50 %).

Если в помещение подается воздух с температурой ниже температуры воздуха в помещении, то при большой разности температур ощущается холодное дутье из приточных отверстий.

При подаче приточного воздуха с помощью схемы вытеснения, принимаем температуру подачи в теплый период $t_{пр} = 24,8 ^\circ\text{C}$, в холодный $t_{пр} = 26,5 ^\circ\text{C}$.

Согласно расчету по определению воздухообмен для асимилиации вредностей расчетная величина воздухообмена в зале бассейна $G_p, \text{кг/ч}$, т.е. расход воздуха для подбора оборудования, составила 11020 кг/ч.



Рисунок 1 – План с нанесением элементов системы кондиционирования при схеме вытеснением.

Подбор приточных и вытяжных (воздухораспределительных) устройств произвели в программе «ArktosCFSelAir» по результатам которого в расчетном помещении установили приточные распределители APC и вытяжные (воздухораспределители) устройства по типу 4АПН.

В системах вытесняющей вентиляции приточный воздух подается с уровня пола непосредственно в обслуживаемую зону помещения, при этом его температура должна быть ниже температуры воздуха в помещении ($\Delta T = 1-2 \text{ }^\circ\text{C}$). Если приточный воздух холоднее воздуха помещения более чем на $3 \text{ }^\circ\text{C}$, то его следует смешивать с воздухом помещения, чтобы избежать неприятных ощущений для людей от холодных воздушных потоков на уровне пола. Удаление нагретого загрязненного воздуха, вытесняемого в верхнюю зону в конвективных потоках над тепловыми источниками, происходит на уровне потолка помещения.

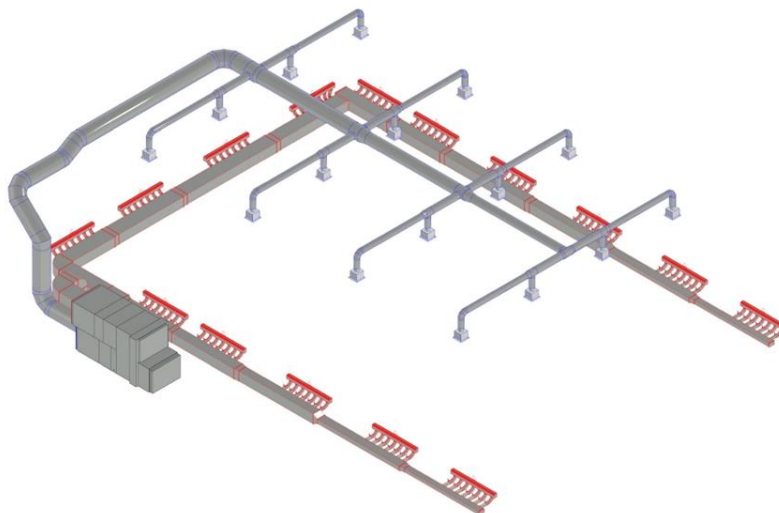


Рисунок 2 – Схема воздухораспределения вытеснением в помещении бассейна.

Список использованных источников:

1. Р НП «АВОК» 7.5-2020 «Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования»
2. СН 4.02.03–2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.

Брень В. А., Литвинюк Д. Н.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРВОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Ключева Е. В., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Кондиционирование воздуха - это создание и автоматическое поддержание (регулирование) в закрытых помещениях всех или отдельных параметров (температуры, влажности, чистоты, скорости движения воздуха) на определенном уровне с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей или ведения технологического процесса. Кондиционирование воздуха осуществляется комплексом технических средств, называемым системой кондиционирования воздуха (СКВ). В состав СКВ входят

технические средства забора воздуха, подготовки, т.е. придания необходимых кондиций (фильтры, теплообменники, увлажнители или осушители воздуха), перемещения (вентиляторы) и его распределения, а также средства хладо- и теплоснабжения, автоматики, дистанционного управления и контроля [1].

Общие сведения о проектируемом объекте:

Обеденный зал кафе, рассчитан на 126 посадочных мест. Помещение расположено на уровне первого этажа. Высота этажа от пола до потолка $h = 4,5$ м.

Характеристика данного помещения:

– Обеденный зал кафе, площадью ($F = 209 \text{ м}^2$) и объёмом ($V = 940,5 \text{ м}^3$);
– Световые проёмы (окна) площадью ($F = 90 \text{ м}^2$), так как помещение имеет 2 наружные стены;

– Предполагаемое количество людей в помещении 126 человек;

– Помещение с постоянным, периодическим пребыванием людей.

В данной статье проводим сравнение прямоточных процессов с различными видами рециркуляций в тёплый период года.

Построение начинаем с нанесения на I-d диаграмму точек H^T и B^T , характеризующих состояние наружного ($t_H = 25,8 \text{ }^\circ\text{C}$ и $I_H = 50,6 \text{ кДж/кг}$) и внутреннего воздуха ($t_B = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\phi_B = 60 \%$) для расчётных 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 $\epsilon_T = 8161,79 \text{ кДж/кг}$ 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 $t_{\text{П}} = \text{const} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$), точку У (пересечение линии процесса изменения состояния воздуха в помещении и изотермы $t_Y = \text{const} = 31 \text{ }^\circ\text{C}$).

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

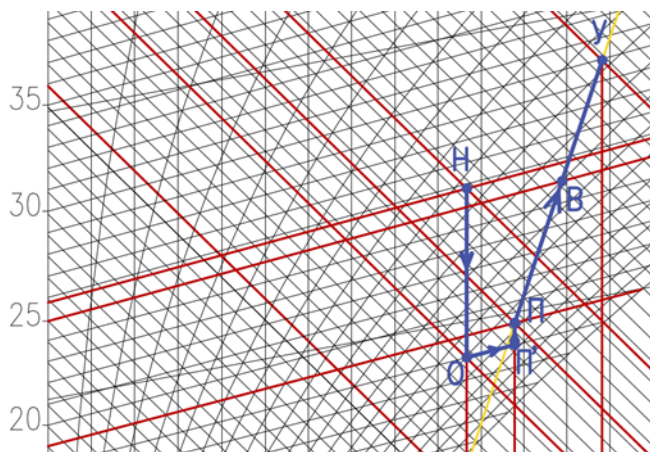


Рисунок 1 – Прямоточный процесс обработки воздуха с фреоновым охладителем и пароувлажнителем в тёплый период года

1. Прямоточный процесс обработки воздуха с фреоновым охладителем и пароувлажнителем в тёплый период года.

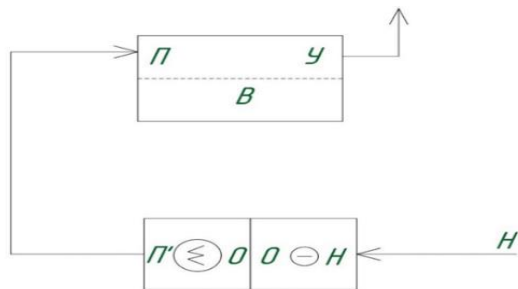


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки при прямоточном процессе обработки воздуха с фреоновым охладителем и пароувлажнителем в тёплый период года

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 $ОП'$ - пароувлажнение воздуха в паровом увлажнителе до параметров точки $П'$.

Для осуществления данного процесса необходимо:

Расход воздуха: $G_{\text{в}} = 7179,15$ кг/ч.

Расход холода на охлаждение воздуха в воздухоохладителе:

$Q_{\text{х}} = 58151,12$ кДж/ч;

Количество пара, необходимое для орошения воздуха : $G_{\text{д.п.}} = 7,897$ кг/ч.

Количество теплоты необходимое для нагрева воды: $Q_{\text{в}} = 0,746$ кВт

Количество теплоты необходимое для нагрева пара: $Q_{\text{п}} = 4,96$ кВт

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобилось охладить воздух в камере охлаждения, для чего требуется 58151,12 кДж/ч электроэнергии, а также камера пароувлажнения с количеством пара 7,897 кг/ч, для пароувлажнения требуется нагреть воду с затратами 0,746 кВт электроэнергии, а также нагреть пар с затратами 4,96 кВт электроэнергии.

2. Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и охладителем в тёплый период года.

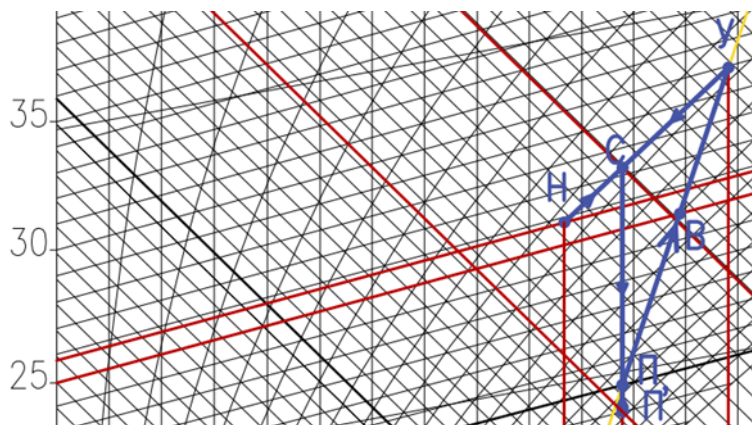


Рисунок 3 – Процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией и охладителем в тёплый период года

Построение процесса начинаем строить с первой рециркуляцией. Так происходит смешение наружного воздуха с параметрами $t. Н$ и удаляемого с параметрами $t. У$. Отрезок $НУ$ – процесс смешения воздуха, $t. С$, лежащая на этом отрезке, характеризует параметры воздуха на выходе из камеры смешения. Наиболее выгодное положение $t. С$ определим, исходя из положения $t. П'$. Проводя прямую из $t. П'$ до прямой $Н$, получим точку пересечения $С$, которая является результатом смеси наружного и удаляемого воздуха.

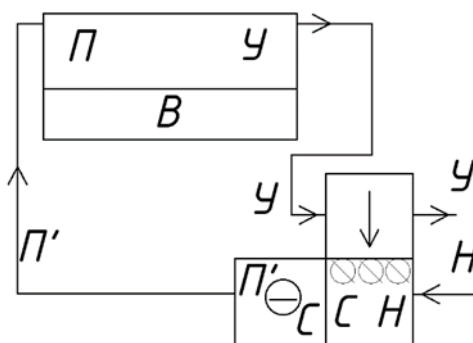


Рисунок 4 – Принципиальная схема установки при процессе обработки воздуха с первой рециркуляцией и охладителем в тёплый период года

Вывод. Для осуществления процесса нам понадобилось смешать удаляемый воздух с подаваемым с процентом рециркуляции 38,27 %, а также охладить воздух в камере охлаждения, для чего требуется 19,14 кВт электроэнергии.

Таблица 1 – Характеристика процессов в тёплый период года

Процесс обработки воздуха	Наименование требуемых секций кондиционера	Количество подаваемого забираемого тепла, кДж/ч	Количество подаваемой/забираемой влаги, кг/ч	Количество смешиваемого рециркуляционного воздуха кг/ч
1. Прямоточный с фреоновым охладителем и пароувлажнителем.	1. Пароувлажнитель 2. Фреоновый воздухоохладитель	58151,12 (16,15 кВт)	7,897 (5,703 кВт)	Не требуется
2. Обработка с 1-й рециркуляцией и охладителем	1. Воздухоохладитель	68919,84 (19,14 кВт)	-	4431,69 кг/ч – удал., 2747,46 кг/ч-нар.

Основные данные по процессам с камерой охлаждения и первой рециркуляцией в тёплый период года заносим в таблицу 1

При выборе применяемого процесса для тёплого периода следует учесть, что выбирать надо процесс с наименьшими затратами тепла и воды, предпочтительнее применять прямоточную систему и количество требуемых секций должно быть минимальным. По всем параметрам подходит процесс обработки воздуха с первой: для его обеспечения нужен только воздухоохладитель. Рециркуляционный воздух подмешиваем в количестве 4431,69 кг/ч. Для обеспечения данного процесса требуется отвод теплоты в количестве 68919,84 кДж/ч.

Вывод. Для тёплого периода года (ТП) выбираем процесс обработки воздуха с первой рециркуляцией.

Список использованных источников:

1. Кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>. – Дата доступа: 30.04.2023.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Введ. 16.12.19 (с отменой СНБ 4.02.01-03). – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 68 с.

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.

Серик Д. В., Новик З. М.

РЕКОНСТРУКЦИЯ СТАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА МЕТОДОМ САНАЦИИ

Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии ТВ–17. Научный руководитель Сальникова С. Р., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

В середине 80-х годов XX века в Белоруссии началась масштабная газификация. В это время широкое применение имели стальные трубопроводы.

Преимуществами стальных газопроводов являются:

- 1) устойчивость к внутреннему давлению;
- 2) абсолютная герметичность – отсутствие протечек газа;
- 3) в десятки раз меньшее линейное расширение в сравнении с полиэтиленовыми трубами.

Недостатками является:

- 1) большой вес;
- 2) сложность при доставке и монтаже трубопровода;
- 3) подверженность коррозии;
- 4) необходимость катодной защиты;
- 5) сложность устранения аварийных ситуаций;
- 6) изделия имеют ограничения по методам монтажа: резьбовые стыки нельзя размещать в грунте, а фланцевые соединения допустимы только в пределах специальных колодцев.

Исходя из вышеперечисленных факторов газопроводы прокладывают при помощи полиэтиленовых трубопроводов.

Преимущества полиэтиленовых газопроводов:

- 1) не подвержены воздействию агрессивной окружающей среды, температурным перепадам, коррозии;
- 2) обеспечивают легкость монтажа;
- 3) не требуется создания дополнительной защиты от возникновения химической реакции с какими-либо веществами;
- 4) диэлектрические свойства;
- 5) внутренние стенки полиэтиленовых труб абсолютно гладкие, что увеличивает пропускную способность газопровода, не допуская засорения;
- 6) обладают доступной стоимостью;
- 7) небольшой вес труб из полимера упрощает процесс транспортировки, хранения и прокладки;
- 8) обладают длительным эксплуатационным сроком действия, 50 – 80 лет.

Недостатки:

- 1) невысокая устойчивость к повышенным температурам;
- 2) горючесть;
- 3) максимальное допустимое давление составляет 2,0 МПа;
- 4) применяются только для подземной прокладки.

Так как полиэтиленовые трубы имеют больше преимуществ, то их широко используют при подземной прокладке. Но вопрос, как же быть со стальными трубами, которые уже проложены, и срок их эксплуатации подходит к концу? Можно, конечно, демонтировать стальной газопровод, вырезать аварийный изношенный участок для замены и сварить новый трубопровод, но как быть, если это необходимо сделать в черте города, например, под автомобильной дорогой. Это будет трудоемко для всех организаций, так как придется перекрывать движение, что создаст, в больших городах, проблему с автодвижением, вызвав образование заторов. Придется вскрывать асфальтное покрытие дороги, вследствие чего надо будет привлекать дорожные службы для устранения нецелостности дороги по завершению ремонтных работ газопровода. Поэтому разработали метод санации. Санация трубопровода – технология бестраншейного ремонта газопровода – имеет ряд достоинств:

1. Сводит к минимуму земляные работы, что значительно сокращает расходы на специальную автотранспортную технику (экскаваторы, самосвалы и прочее).
2. Существенно упрощает составление технических проектов и смет, потому что все действия производятся на ограниченном участке инженерных коммуникаций.
3. Продлевает срок нормальной эксплуатации санированной трубы на многие годы.
4. Не затрагивает смежные коммуникации и проложенных поблизости магистралей.
5. Сокращает необходимое для ремонта время в три, а иногда даже в пять раз по сравнению с открытой прокладкой.
6. Предоставляет доступ к внутренней поверхности участков на поворотах, сгибах, ветвлениях основной трубопроводной магистрали.
7. Не всегда требует доступа экскаваторов и другой спецтехники, что позволяет применять метод на ограниченных по площади участках и привлекать минимум сотрудников.
8. Допускает продолжение движение транспортного потока по дороге, проложенной над поврежденным участком санируемой инженерно-технической магистрали.
9. Повышает качество и скорость движения транспортируемой трубопроводом среды благодаря гладкой внутренней поверхности полимерного вкладыша.

Таким образом, после санационных работ трубопровод сохраняет нормальную пропускную способность, а иногда даже улучшает ее за счет гладких стен и чистого просвета. При этом затраты на реконструкцию магистрали значительно сокращаются.

Существует два вида санации: реновация и релайнинг.

Реновация – метод подземного разрушения старой трубы (материал: сталь, керамика, железобетон, чугун) с последующим втягиванием новой трубы большего диаметра из полиэтилена (рисунок 1). Проведение санации в таких случаях осуществляется статическим взламыванием старого трубопровода. Этот способ отлично зарекомендовал себя при работе в сложных гидрогеологических условиях, при непосредственной близости заменяемого трубопровода к другим сетям и

коммуникациям, а также глубокого залегания отслужившего свой срок и пришедшего в негодность трубопровода.



Рисунок 1 – Реновация трубопровода

Релайнинг – санация методом «труба в трубе без разрушения» (рисунок 2). Суть процесса заключается в протаскивании в очищенный поврежденный трубопровод полиэтиленовой трубы уменьшенного сечения (например, в трубе диаметром 1000 мм после санации условный проход составит 900 мм).



Рисунок 2 – Релайнинг методом «чужка»

Метод «чулка» (санация полимерным рукавом) является одним из вариантов релейнинга. Характеризуется тем, что в трубу, подлежащую восстановлению, вводится гибкий композитный рукав (рисунок 3), который после отверждения представляет собой новую трубу, полностью перенимающую все функции (в том числе и несущую функцию) старой. Основными особенностями, выделяющими данный метод реконструкции трубопровода среди других вариантов релейнинга, являются:

- высокая скорость проведения работ;
- возможность осуществления работ не зависимо от среды, в которой находится труба, подлежащая реконструкции (бетон, грунт, камень и т. д.);
- возможность осуществления работ не зависимо от материала, из которого изготовлена труба, подлежащая восстановлению;
- отсутствие необходимости разрушения коллекторов и расширения канализационных колодцев;
- возможность проводить реконструкцию участков большой протяжённости непрерывно;
- высокая степень адаптации новой трубы под изменяющееся сечение старой.

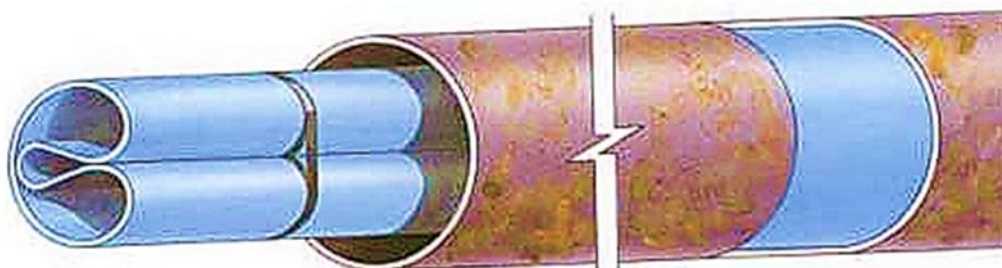


Рисунок 3 – Релейнинг методом «U-Liners»

Суть метода состоит в том, что в восстанавливаемый трубопровод протягивается пластмассовая труба, поперечное сечение которой временно уменьшено. После восстановления ее первоначальной формы, новая труба по принципу CLOSE-FIT (плотно прилегающий) сидит в старом трубопроводе. «U-лайнер» изготавливается из высокопрочного полиэтилена (PE-HD). Благодаря специальному термомеханическому методу формирования трубе придается ее характерная U-образная форма. Поперечное сечение трубы при этом уменьшается. В зависимости от ее размеров, на один барабан можно наматывать и транспортировать на строительную площадку до 1600 м трубы. При помощи лебедки труба разматывается с барабана и протягивается в восстанавливаемый трубопровод. Вследствие U-образного поперечного сечения при протягивании трубы потребуется лишь небольшое тяговое усилие. После монтажа специально разработанных запорных деталей «U-лайнер» подвергается строго определенному процессу обратной деформации. При этом труба разогревается при помощи пара под давлением. Таким образом, активизируется специфическая для данного материала способность «вспоминания формы» трубы, и «U-лайнер» приобретает свою первоначальную круговую форму. «U-лайнер» плотно прилегает к внутренней стенке старой трубы и сидит CLOSE-FIT в старом трубопроводе.

Заключение. Применение санации выгоднее, чем замена старого стального газопровода на новый. Метод санации позволяет без значительных вложений как материальных, так и физических заменить старый стальной газопровод на новый полиэтиленовый.

Список использованных источников:

1. <https://multiurok.ru/files/lektsiia-sanatsiia-gazoprovoda.html>

2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Релайнинг>
3. https://itexn.com/5186_tehnologii-rekonstrukcii-truboprovodov-i-truboprovodnyh-sistem.html
4. <https://nioteks.ru/articles/sanatsiya-truboprovoda/>
5. Новые технологии строительства и капитального ремонта газораспределительных сетей / С. Р. Сальникова // Проблемы энергетической безопасности в современном мире: материалы круглого стола, посвященного Году бережливости и энергосбережения, 21 марта 2013 г. – Брест: УО «БрГТУ», 2013. – С. 19-29.

Максимчук Е. И.

СХЕМА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕШИВАНИЕМ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ ВОЗДУХА В ТЕПЛЫЙ И ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОДЫ

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии группы ТВ-17. Научный руководитель Янчилин П. Ф., м. т. н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

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

Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха

Периоды года	Температура наружного воздуха $t_n, \text{ }^\circ\text{C};$	Энтальпия наружного воздуха $I_n, \text{ кДж/кг}$	Скорость ветра $V, \text{ м/с}$
Теплый	27,2	51	2,9
Холодный	-21,0	-19,6	3,7

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

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

Если в помещение подается воздух с температурой ниже температуры воздуха в помещении, то при большой разности температур ощущается холодное дутье из приточных отверстий.

При подаче приточного воздуха с помощью схемы смешивания, принимаем температуру подачи в теплый период $t_{пр} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$, в холодный $t_{пр} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$.

Согласно расчету по определению воздухообмен для асимилиции вредных расчетная величина воздухообмена в зале бассейна G_p , кг/ч, т.е. расход воздуха для подбора оборудования, составила 6960 кг/ч.

Подбор приточных и вытяжных (воздухораспределительных) устройств произвели в программе «ArktosCFSELAir» по результатам которого в расчетном помещении установили распределители 4АПН.

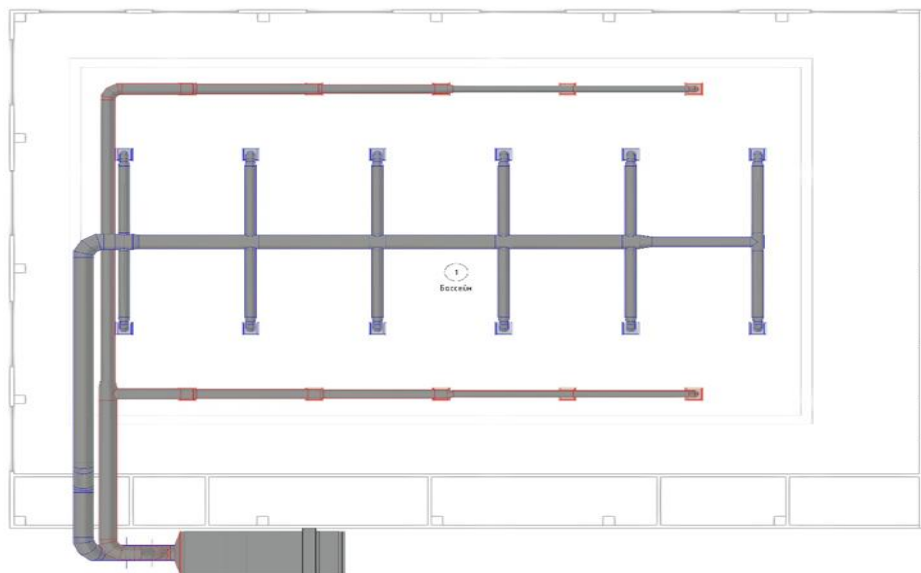


Рисунок 1 – План с нанесение элементов системы кондиционирования при схеме смешиванием.

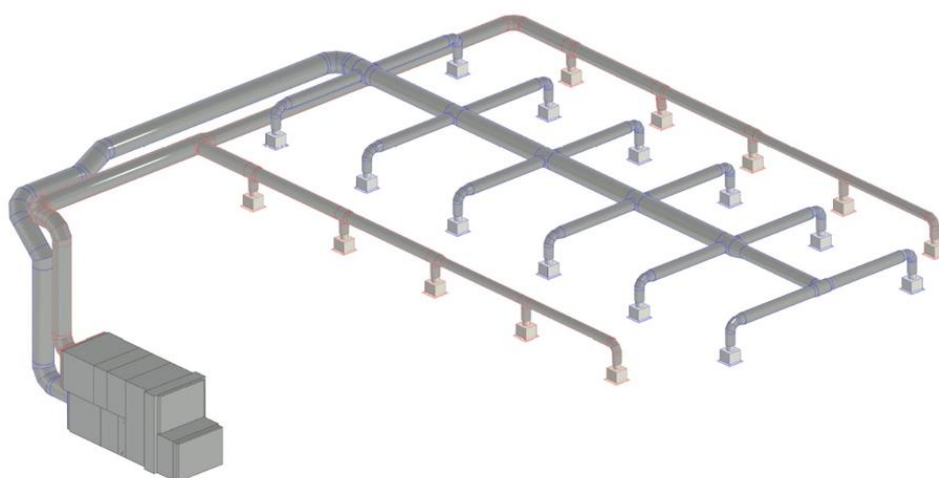


Рисунок 2 – Схема воздухораспределения смешиванием в помещении бассейна.

В системах смешивающей вентиляции приточный воздух подается на уровне потолка, при этом температура должна быть ниже температуры воздуха в помещении ($\Delta T=6-8$ °С). Удаление нагретого загрязненного воздуха, происходит на уровне потолка помещения.

Список использованных источников:

1. Р НП «АВОК» 7.5-2020 «Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования»
2. СН 4.02.03–2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.

Охримук Арина, Вечканов Богдан, Агеев А.М.

МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ МЕТАНА ИЗ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ

Охримук Арина, Вечканов Богдан, учащиеся 9 «В» класса, Агеев Александр Михайлович, директор ГУО «Средняя школа № 20 г. Бреста имени Героя Советского Союза Д. М. Карбышева», учитель географии, учитель-методист

Уже много лет подряд ученые предупреждают нас о необратимых последствиях глобального потепления. По их мнению, температура на нашей планете постоянно повышается, что может привести к таянию ледников, и, как следствие – к повышению уровня мирового океана и затоплению городов. Из уроков географии и биологии мы помним, что от температуры воздуха зависят жизни многих тысяч животных и растений. Потепление нашей планеты, по мнению ученых, связано с парниковым эффектом, возникающим при накоплении в атмосфере различных газов от хозяйственной деятельности человека и естественных источников. Они образуют оболочку, которая превращает Землю в огромный теплый парник. Самым распространенным парниковым газом является диоксид углерода (углекислый газ), но самым опасным, по мнению ученых, считается метан, который сильнее всех удерживает тепло. Ученые выяснили, что его концентрация за последние годы сильно возросла.

Согласно отчету исследователей из организации Global Carbon Project в начале XXI века в атмосферу нашей планеты выбрасывалось около 324 миллионов тонн метана в год. В 2017 году количество выбрасываемого в воздух углекислого газа значительно увеличилось — в среднем, человечество произвело около 364 миллионов тонн метана. По расчетам ученых прирост количества выбросов метана за два десятка лет возрос на 12 %. Наиболее опасными источниками стали фермы, свалки и работы по добыче ископаемого топлива.

Согласно данным свободной энциклопедии «Википедии» водно-болотные угодья также являются крупнейшим природным источником атмосферного метана и выбрасывают в его атмосферу примерно 167 тонн в год (примерно 20 %).

По этим причинам выбросы метана остаются серьезной проблемой для планеты и перед человечеством возникают вопросы: **«Что же делать, чтобы не допустить плачевных последствий?»**, **«Можно ли сократить количество выбрасываемого метана? Как его утилизировать и правильно в дальнейшем использовать?»**

Цель нашей работы: разработать опытное мобильное устройство для генерации метана из водно-болотных угодий.

Задачи

1. Выявить механизм образования метана в природной среде.
2. Установить антропогенные источники загрязнения атмосферы метаном.
3. Уточнить «утилизацию» метана природными процессами и человеком.
4. Разработать технологическую карту сборки опытного образца мобильного устройства утилизации метана из водно-болотных угодий.

Мы предположили следующую гипотезу: разработанное нами «Мобильное устройство для генерации метана из водно-болотных угодий» позволит проводить утилизацию метана из естественных водоемов без больших затрат; полученный метан можно будет использовать как дополнительный источник энергии для развития энергетики республики».

Мы использовали следующие методы проверки гипотезы: обобщение собранного материала, анализ, проведение практического эксперимента.

Актуальность: выбранная нами тема, по нашему мнению, имеет широкое практическое значение для применения в экологии и развития энергетики.

Предмет исследования – процесс образования метана из водно-болотных угодий.

Объект исследования – метан.

В разделе **«Источники образования метана»** мы собрали теоретический материал о метане как о газе, рассмотрели антропогенные и природные источники образования метана.

В разделе **«Утилизация» метана природными процессами»** проанализировали тропосферное и стратосферное окисление метана, а также поглощение газа почвой.

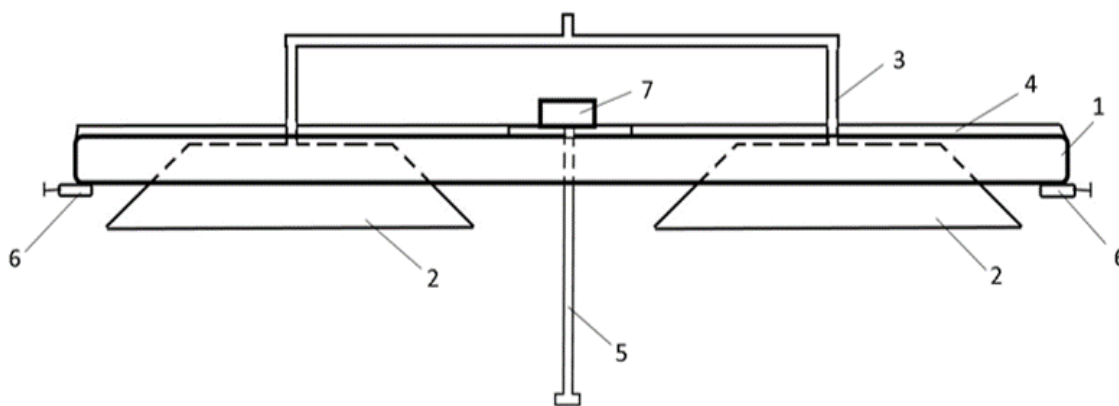


Рисунок 1 – Мобильное устройство для утилизации метана в стоячих водоемах

В разделе **«Технологическая карта создания мобильного устройства для утилизации метана в стоячих водоемах»** рассмотрели современные способы очистки или утилизации метана из озер и водно-болотных угодий на примере работы нидерландских экологов на озере Вилербергмер с помощью бентонита и предложили свой дешевый способ утилизации метана с помощью собранного нами мобильного устройства. Первоначально мы провели опыт с помощью прототипа устройства по утилизации метана со дна озёр и водно-болотных угодий, затем разработали компьютерную модель устройства и собрали опытный образец мобильного устройства.

Мобильное устройство для генерации метана из водно-болотных угодий (рисунок 1) состоит: из плавучего корпуса 1 с двумя закрепленными на ней чашами-ловушками 2. На крышках чаш-ловушек установлены газоотводные трубки 3, которые соединены между собою для отвода и утилизации метана. По верху корпуса 1 натянута синтетическое полотнище 4. На корпусе 1 закреплен по центру электродвигатель с вмонтированным с толкателем 5 для активизации выделения метана из донных отложений. Также корпус 1 содержит источник питания 7 и четыре электродвигателя с гребными винтами 6, которые управляются дистанционным пультом.

Предлагаемое устройство работает следующим образом: из источника питания 7, закрепленного на корпусе 1, подается ток на электродвигатель с вмонтированным толкателем 5, движения которого активизируют выделения метана из донных отложений и способствуют попаданию газа в чаши-ловушки 2 и газоотводные трубки 3. Электрический ток подается и на четыре электродвигателя с гребными винтами 6, работой которых возможно управлять дистанционным пультом, что придает мобильность устройству в стоячих водоемах.

Апробация разработанной модели «Мобильное устройство для генерации метана из водно-болотных угодий» прошла в октябре на реке Мухавец (район Брестской ТЭЦ) и на реке Лесной (район улицы Катин Бор). В ходе эксперимента нами были получены следующие результаты (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты эксперимента.

Дата проведения эксперимента/название реки	Полученные результаты
С 01 по 02.10.2022/ р. Мухавец	<p>Утилизация собранного газа из установки проходила через шаровой кран в воздушный шар.</p> <p>1) Площадь сбора метана установкой: 1,34 x 1,86 = 2,49 кв. м.</p> <p>2) За сутки объем воздушного шарика составил: Длина окружности = 0,73 м (730 мм) (измерили швейным сантиметром) Итак, найдём объём шара через длину окружности по формуле $V_{\text{шара}} = L^3/6\pi^2$ Посчитаем, чему равен объём шара в кубических миллиметрах, если длина окружности у него L = 730 мм: $V_{\text{шара}} = 730^3/6 \times 3,14^2 = 389017000/59,1576 = 6576943 \text{ мм}^3 = 0.006(\text{м}^3)$</p>
С 08 по 09.10.2022/ р. Лесная	<p>Утилизация собранного газа из установки проходила через шаровой кран в воздушный шар.</p> <p>1) Площадь сбора метана установкой: 1,34 x 1,86 = 2,49 м².</p> <p>2) За сутки объем воздушного шарика составил: Длина окружности = 0,82 м (820 мм) (измерили швейным сантиметром) Итак, найдём объём шара через длину окружности по формуле: $V_{\text{шара}} = L^3/6\pi^2$ Посчитаем чему равен объём шара в кубических миллиметрах, если длина окружности у него L = 820 мм: $V_{\text{шара}} = 820^3/6 \times 3,142 = 551386000/59,1576 = 9320324 \text{ мм}^3 = 0.009 (\text{м}^3)$</p>

В ходе проведенного эксперимента мы сделали следующие выводы

1. Наибольшее количество метана выделяется в тех местах рек и водоемов, где более стоячая вода, так как пузырьки газа сносит течением, и они не в полном объеме попадают в ловушки.

2. Наибольшее количество метана выделяется именно на том участке, где преобладают донная растительность и донные отложения (торф).

3. Для более интенсивного выделения метана требуются более высокие температуры воздуха и воды, что подтверждается литературными источниками.

4. Для стимулирования сбора метана в мобильное устройство было предложено добавить автоматический толкатель.

Мы предполагаем, что собранная нами опытная модель станет прототипом промышленного образца, который позволит утилизировать метан с водно-болотных угодий. На данный момент мобильное устройство находится у нас на стадии доработки и в этом нам помогает УП «Брестоблгаз».

Научное издание

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара, Брест, БрГТУ, 21 апреля 2023 года / под ред. В. Г. Новосельцева, П. Ф. Янчилина, П. В. Северянина – Брест: УП «Брестоблгаз», 2023. – 120 с.

Редакторы: В. Г. Новосельцев.
Технический редактор: П. Ф. Янчилин.
Компьютерная вёрстка: П. В. Северянин
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Тираж 100 экз.