

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Факультет инженерных систем и экологии
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 В.Г.Новосельцев

«15» 06 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 О.П.Мешик

«15» 06 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И
ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»**

для специальности:

7-07-0732-02 Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений,
профилизация «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного
бассейна»

Составитель: Новосельцев Владимир Геннадьевич, доцент, к.т.н., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции;

Электронный учебно-методический комплекс реализован при поддержке гранта Президента Республики Беларусь.

Рассмотрен и утвержден на заседании Научно-методического Совета
протокол № 4 от 16.06. 2025г.

пр. п. УМК 14/15-336

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Учебная дисциплина «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства» относится к модулю «Системы тепло- и газоснабжения» компонента учреждения высшего образования учебного плана высшего образования.

Целью освоения учебной дисциплины «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства» является формирование у студентов системы знаний по системам отопления сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства, изучение устройства и принципов работы с современным оборудованием систем отопления, умения проектировать современные энергосберегающие системы отопления сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства.

Задачами учебной дисциплины являются:

- обучение студентов обоснованному выбору тепловых условий в помещении сельскохозяйственного назначения и индивидуальных жилых домов;

- овладение методами анализировать и систематизировать техническую информацию и программное обеспечение (справочные каталоги отопительного оборудования и материалов, средств автоматизации; программы по подбору, расчёту и конструированию оборудования и систем; и др);

- формирование навыков работы с программами по подбору, расчёту и конструированию оборудования и систем отопления и теплоснабжения для сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;

- изучение принципов обоснованного и комплексного подхода при выборе автоматизированной основной схемы теплоснабжения здания сельскохозяйственного назначения и индивидуальных жилых домов с учётом комплексного и эффективного использования возможных источников энергии;

- овладение методами наладки систем теплоснабжения объектов индивидуального строительства;

- обучение студентов проектированию и методикам расчета различных систем отопления и теплоснабжения.

В результате изучения дисциплины студент должен:
знать:

- теоретические основы построения и функционирования системы теплоснабжения и их основных частей: отопления, горячего водоснабжения, тепловых сетей и источников теплоты сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;

– основные вопросы теории и практики регулирования теплоснабжения-телопотребления сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;

– конструкции систем теплоснабжения сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства, их элементы, устройство, принципы работы всех элементов системы и их взаимодействие, основы эксплуатации систем теплоснабжения;

уметь:

- анализировать и систематизировать техническую информацию и программное обеспечение (справочные каталоги отопительного оборудования и материалов, средств автоматизации; программы по подбору, расчету и конструированию оборудования и систем, др., нормативную и методическую литературу)

- определять расчетные теплопотери помещений, мощность системы отопления, сезонные и годовые расходы энергии на отопление сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;

- рассчитывать системы отопления и теплоснабжения, определять экономические показатели проектируемых систем отопления сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства.

ЭУМК разработан на основании на основе образовательного стандарта ОСВО 7-07-0732-02-2023 утв. постановление Министерства образования Республики Беларусь № 289 от 28.08.2023, учебного плана учреждения образования по специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» (от 14.04.2023 протокол №5, регистрационный номер в-319-1-23/уч.). ЭУМК разработан в полном соответствии с утвержденной учебной программой по учебной дисциплине компонента учреждения высшего образования «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства».

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;

- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине « Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства»:

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Практический раздел ЭУМК содержит материалы для проведения практических и лабораторных учебных занятий в виде лабораторного практикума и методических указаний для выполнения курсовой работы:

- Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Отопление и теплоснабжение индивидуального жилого дома» для студентов специальностей 7-07-0732-02, 1-700402, 1-700471 для всех форм обучения/ В.Г. Новосельцев; Д.В.Новосельцева УО «Брестский государственный технический университет». – Брест, 2025.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для текущей и промежуточной аттестаций, а также зачета, позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебные программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине « Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства», список основной и дополнительной литературы.

Рекомендации по организации работы с УМК:

- лекции проводятся с использованием интерактивной панели или персонального компьютера с мультимедийным проектором;
- при подготовке к зачету, выполнению и защите курсовой работы студенты могут использовать конспект лекций, техническую основную и вспомогательную литературу;
- практические занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний;
- лабораторные занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний лабораторного практикума;
- в течение семестра проводятся текущие аттестации в виде устного опроса на практических занятиях:

для очной формы обучения:

в семестре предусмотрены три текущие аттестации, весовые коэффициенты всех аттестаций по дисциплине, включая промежуточную, составляют: $K_{\text{ТЕКкурс1}} = 0,1$; $K_{\text{ТЕК2}} = 0,2$; $K_{\text{ТЕКкурс2}} = 0,1$; $K_{\text{ПРОМЕЖ}} = 0,6$.

При расчете итоговой отметки по текущим аттестациям $K_{\text{ТЕКкурс1}}$ и $K_{\text{ТЕКкурс2}}$ учитывается объем качественно выполненного к моменту аттестации курсовой работы.

для заочной формы обучения:

В семестре предусмотрена одна текущая аттестация, весовые коэффициенты аттестаций по дисциплине, включая промежуточную, составляют: $K_{\text{ТЕК}}=0,1$; $K_{\text{ПРОМЕЖ}} = 0,9$.

- промежуточная аттестация в виде зачета проводится в устном виде, вопросы для зачета приведены в разделе контроля знаний.

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Тема 1. Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов.

Тема 2. Отопление и теплоснабжение индивидуального строительства.

II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Лабораторный практикум

Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства» на тему «Отопление и теплоснабжение индивидуального жилого дома»

III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ТЕМА 1. ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.

1. Общие сведения. Актуальность создания комфортных условий на сельскохозяйственных объектах.

2. Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов.

2.1 Животноводческие и птицеводческие здания.

2.2 Использование инфракрасного излучения для обогрева
молодняка.

2.3 Здания и помещения для хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции, хранения и переработки зерна.

2.4 Теплицы.

2.5 Складские помещения.

ТЕМА 2. ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.

**1. Общие сведения. Объемы индивидуального строительства в
Республике Беларусь. Перспективы.**

**2. Водяное, воздушное и электрическое отопление индивидуальных
жилых домов: схемы, особенности применения.**

3. Теплоснабжение индивидуальных жилых домов.

3.1 Системы теплоснабжения с двухконтурными котлами

3.2 Системы теплоснабжения с одноконтурными котлами

3.3 Системы системы горячего водоснабжения (ГВС)

индивидуальных домов

3.4 Гидравлические схемы обвязки систем

**4. Автоматизированное управление системами отопления и
теплоснабжения индивидуальных жилых домов.**

5. Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения.

5.1 Солнечное теплоснабжение

5.2 Тепловые насосы

5.3 Особенности проектирования низкотемпературной системы отопления

II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа №1

Изучение работы системы водяного отопления с естественной циркуляцией и электрическим котлом.

Лабораторная работа №2

Изучение конструкции и исследование работы системы водяного отопления индивидуального жилого дома радиаторами и теплым полом.

Лабораторная работа №3

Исследование различных способов автоматизированного управления современными системами водяного отопления индивидуальных жилых домов.

Лабораторная работа №4

Изучение устройства и исследование работы водо-водяного парокомпрессионного теплового насоса.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО

ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОТОПЛЕНИЕ И

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И

ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» НА ТЕМУ «ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА»

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯМИ

3. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

3.1 Конструирование системы напольного отопления

3.2 Конструирование радиаторной системы отопления	
4 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	
4.1 Тепловой расчёт тёплого пола	
4. 2 Тепловой расчет радиаторной системы отопления	
5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	
5.1 Гидравлический расчет теплого пола	
5.2 Гидравлический расчет системы водяного отопления	
6. ВЫБОР СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ	
ЛИТЕРАТУРА	
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА η_1	
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 - РАСЧЕТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И КРАТНОСТЬ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА	
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – ДОПУСТИМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛА	
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – ТЕПЛОВОЙ ПОТОК ОТ ТРУБ ТЕПЛОГО ПОЛА	
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ	
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАПАНОВ VALTES	
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 – ПЛОТНОСТЬ И ТЕПЛОЁМКОСТЬ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ	
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 – ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБ	
ПРИЛОЖЕНИЕ 10 – КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ	
ПРИЛОЖЕНИЕ 11 – ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ И ЗАПОРНЫХ КЛАПАНОВ	
III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ	
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	
IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	

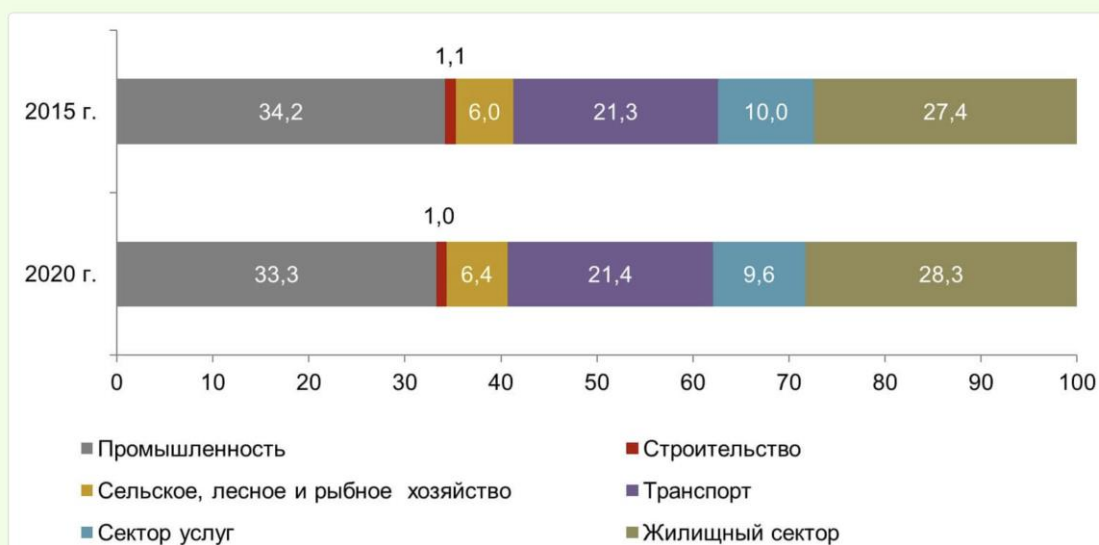
ТЕМА 1. ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.

1. Общие сведения. Актуальность создания комфортных условий на сельскохозяйственных объектах.

Сельскохозяйственное производство является одной из энергоемких отраслей народного хозяйства. По данным Белстата:

Структура конечного потребления топливно-энергетических ресурсов по секторам потребления в 2015 и 2020 годах

(в процентах к итогу)



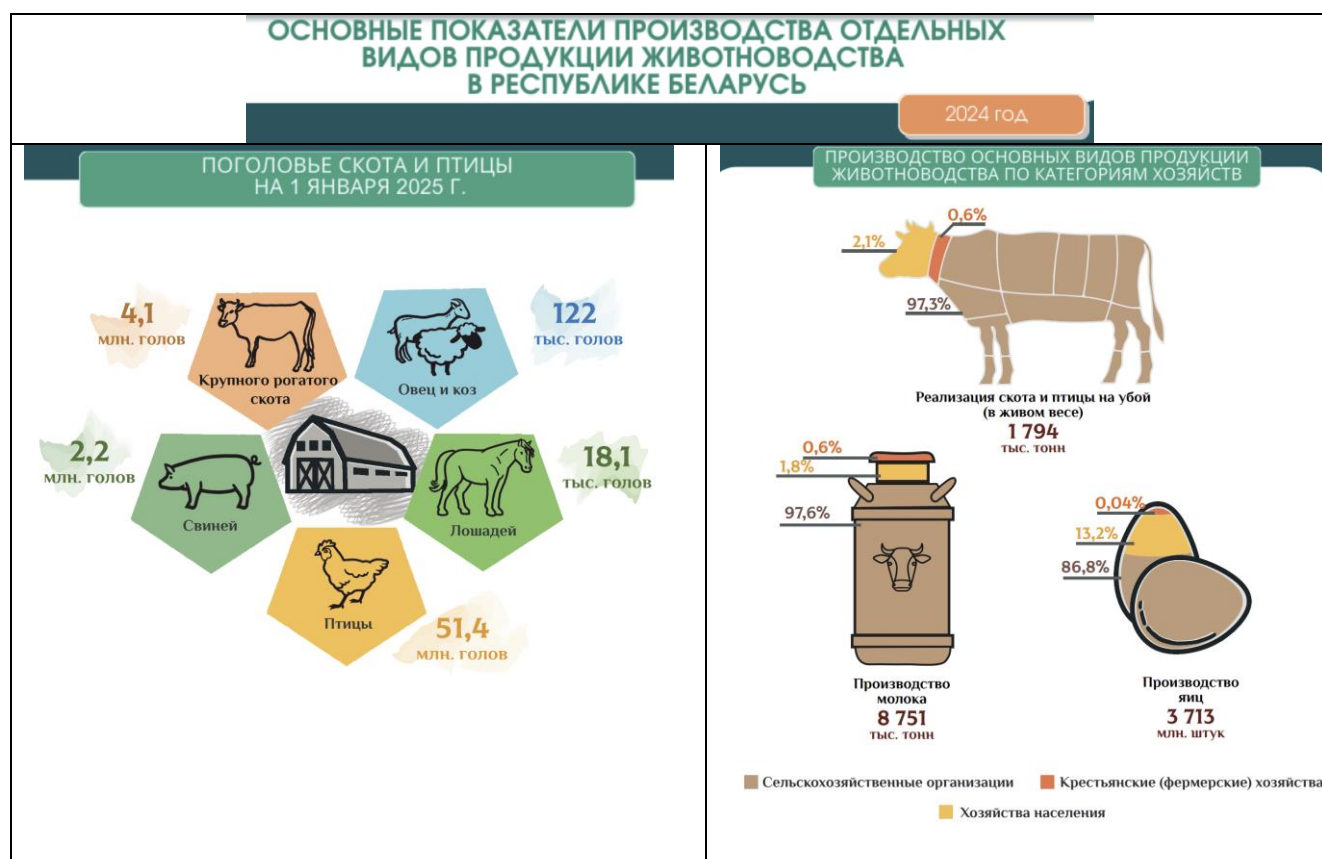
ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

2024 год

ПРОДУКЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

По видам





По данным Белстата:

За 2023: Хозяйствами всех категорий за 2023 год произведено скота и птицы (в живом весе) 1780,7 тыс. тонн, что на 2,7% больше по сравнению с 2022 годом. Реализовано скота и птицы на убой (в живом весе) 1711,4 тыс. тонн (на 2,5% больше уровня 2022 года). Основной удельный вес в объеме реализации приходился на птицу (39%, в 2022 году – 39,5%). Крупного рогатого скота реализовано 34,4% от общего объема реализации (в 2022 году – 33,8%), свиней – 26,4% (26,5%).

За 2024: Хозяйствами всех категорий за 2024 год произведено скота и птицы (в живом весе) 1826,5 тыс. тонн, что на 2,6% больше по сравнению с 2023 годом. Реализовано скота и птицы на убой (в живом весе) 1793,7 тыс. тонн (на 4,8% больше уровня 2023 года). Основной удельный вес в объеме реализации приходился на птицу (40,5%, в 2023 году – 39%). Произведено молока 8751,1 тыс. тонн (на 5% больше уровня 2023 года), яиц получено 3713,2 млн. штук (на 8% больше).

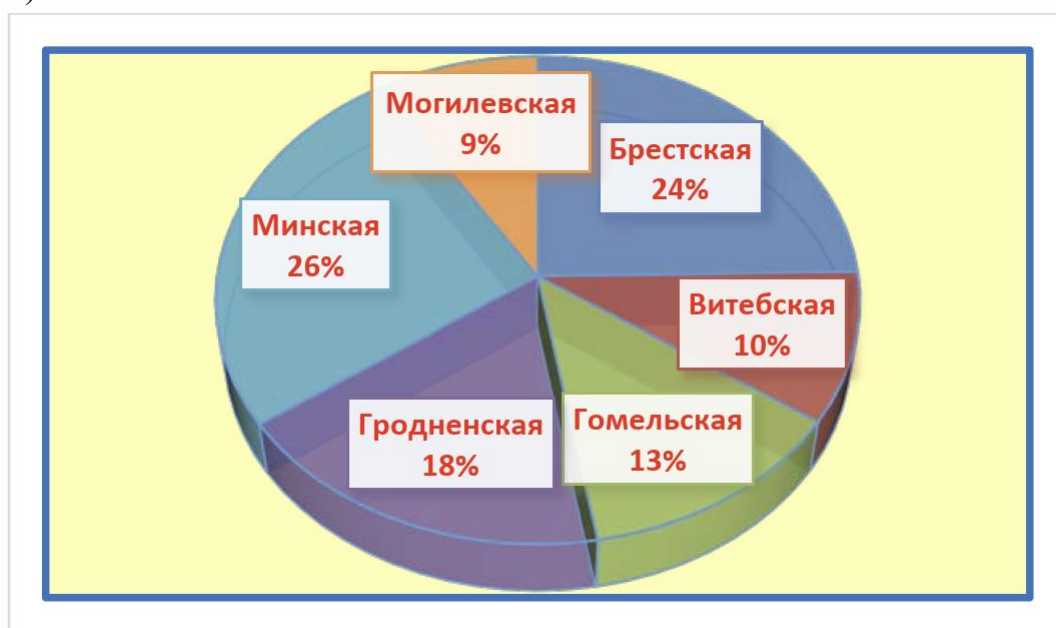
В январе-июле 2025 г. в хозяйствах всех категорий (в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, хозяйствах населения) производство продукции сельского хозяйства в текущих ценах составило 16,1 млрд. рублей. В сельскохозяйственных организациях произведено продукции на 15,6 млрд. рублей.

В хозяйствах всех категорий произведено скота и птицы (в живом весе) 1054,5 тыс. тонн, молока – 5393,8 тыс. тонн, яиц получено 2296,9 млн. штук. На долю сельскохозяйственных организаций приходится 97,7% объ-

ема производства скота и птицы (в живом весе), молока – 98%, яиц – 86,8%.

На 1 августа 2025 г. в сельскохозяйственных организациях насчитывалось 4 млн. голов крупного рогатого скота, в том числе коров – 1,4 млн. голов. Численность свиней составила 2 млн. голов.

Животноводство в Республике Беларусь занимает ведущее место в сельскохозяйственном производстве, на долю которого приходится более 50% валовой продукции сельского хозяйства. Оно является основным источником финансовых средств для развития производственной базы агропромышленного комплекса страны. Скотоводство – важнейшая отрасль животноводства республики, на долю которой приходится более половины стоимости валовой продукции животноводства. Основная часть поголовья крупного рогатого скота сосредоточена в сельскохозяйственных организациях – 96%. Молоко и молокопродукты в общем объеме производства пищевой промышленности страны занимают примерно 27%. (данные НПЦ НАН РБ)



Структура производства молока в разрезе регионов за 2020 год

По данным РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (НПЦ НАН РБ) (2021) в республике имеется около 4000 молочно-товарных ферм и комплексов.

В мировой торговле молочная продукция занимает первые строчки. По прогнозам отраслевых экспертов, ее производство вырастет к 2030 г. на 24% по сравнению со значениями 2020–2021 гг. Особенно увеличится производство сыра – благодаря высокому спросу. Эксперты оценивают, что потребление в мире также вырастет – на 180 млн т.

2020. В мировом рейтинге стран-экспортеров молока Беларусь заняла 11-е место из 100 рассматриваемых проектом worldstopexports государств. Доля белорусского молока в мировом экспорте этого продукта в 2020 году составила 2,1%. Выручка белорусского молочного экспорта превысила 597 млн. долларов США. Беларусь отстала от Великобритании, занявшей 10-е место и получившей от экспорта 726 млн. долларов, но опередила Саудовскую Аравию, занявшую 12-е место и выручившую от продаж молока и молочной продукции 528,8 млн. долларов. В стоимостном выражении страны, вошедшие в Топ-15 экспортеров, осуществили почти четыре пятых (79,5 %) мирового экспорта молока в 2020 году. (НПЦ НАН РБ)

2023.

БЕЛТА.

06 ИЮНЯ 2024, 15:58

Беларусь - мировой экспортер молочной продукции



БЕЛАРУСЬ - МИРОВОЙ ЭКСПОРТЕР МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

МОЛОЧНАЯ ОТРАСЛЬ - ОДНО ИЗ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В РАЗВИТИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ



Уровень самообеспеченности молоком превышает 260%



Молочная промышленность занимает наибольший удельный вес в экспорте продукции АПК - порядка 40%

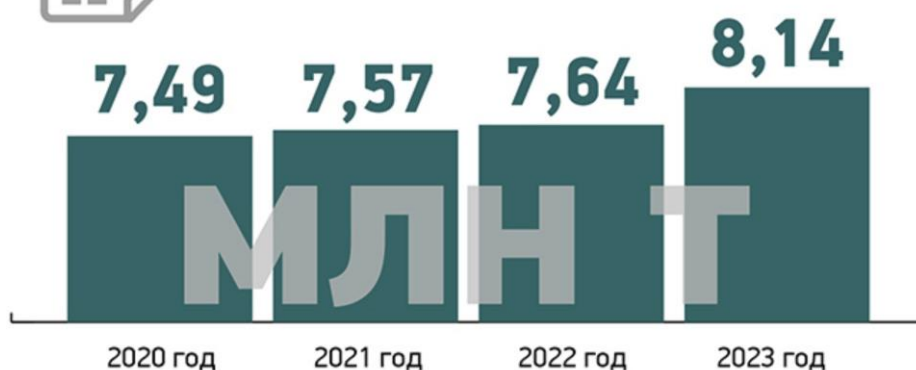


Беларусь входит в топ-5 стран-экспортеров молочной продукции

Беларусь входит в топ-5 стран-экспортеров молочной продукции.



ДИНАМИКА ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА



За I квартал 2024 года произведено 2,1 млн т молока (108,5% к I кварталу 2023 года)

Уровень самообеспеченности молоком превышает 260%. Молочная промышленность занимает наибольший удельный вес в экспорте продукции АПК - порядка 40%.

"Мы быстро учились и достигли результатов". Эксперт о позициях Беларуси в мировом экспорте молока



Генеральный директор Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию Алексей Мелещенко: На долю Беларуси приходится 6% мирового экспорта молока, что позволяет стране входить в топ-10 мировых экспортеров молочной продукции. Сегодня Беларусь занимает второе место в мире по экспорту сгущенного молока, третье - по экспорту сливочного масла и сухой сыворотки, четвертое - по экспорту сыра, пятое - по экспорту сухого обезжиренного молока. "В год республика производит примерно 8 млн т молока, тогда как Италия - примерно 14 млн т. Да, по общим объемам мы пока отстаем, но в перерасчете на душу населения уверенно держимся в десятке лидеров, приближаясь к показателю 820 кг на одного жителя", - добавил гендиректор научно-практического центра.

По данным ФАО:



Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

Топ-10 стран по производству сгущённого молока

1. США (992 тыс. тонн)
 2. Германия (732 тыс. тонн)
 3. Перу (546 тыс. тонн)
 4. Нидерланды (353 тыс. тонн)
 5. Малайзия (350 тыс. тонн)
 6. Саудовская Аравия (247 тыс. тонн)
 7. Мексика (210 тыс. тонн)
 8. Сингапур (202 тыс. тонн)
 9. Беларусь (198 тыс. тонн)
 10. Великобритания (166 тыс. тонн)
- Россия (153 тыс. тонн)

По данным проекта worldstopexports:

Top Yogurt Exporters

by Daniel Workman

Worldwide sales for yogurt exported from all countries were worth a total US\$2.77 billion in 2021.



Bowl of yogurt

Top Yogurt Exports by Country

Below are the 15 countries that exported the highest dollar value worth of yogurt during 2021.

1. Germany: US\$669.8 million (24.2% of total yogurt exports)
2. France: \$358.6 million (12.9%)
3. Greece: \$272.5 million (9.8%)
4. Belgium: \$134.3 million (4.8%)
5. Austria: \$127.4 million (4.6%)
6. Spain: \$124.2 million (4.5%)
7. Saudi Arabia: \$111 million (4%)
8. Thailand: \$70.8 million (2.6%)
9. Czech Republic: \$62.2 million (2.2%)
10. Poland: \$56.3 million (2%)
11. Netherlands: \$53.3 million (1.9%)
12. United States: \$52.2 million (1.9%)
13. Romania: \$50.4 million (1.8%)
14. Belarus: \$42.4 million (1.5%)
15. Canada: \$37.3 million (1.3%)

В Беларуси 105 комплексов по производству товарной свинины и 10 субъектов племенного животноводства, занимающихся разведением племенных свиней.

Производство яиц в Беларуси находится на уровне развитых стран - 3439 млн. штук в год и 360 шт. на душу населения (2023). Каждый житель Республики Беларусь в среднем потребляет 268 яиц в год. В 2023 году произведено мяса птицы 667 тыс. тонн, на душу населения - 73 кг.

Одной из важнейших задач современного животноводства является создание нормируемых условий содержания животных в животноводческих помещениях.

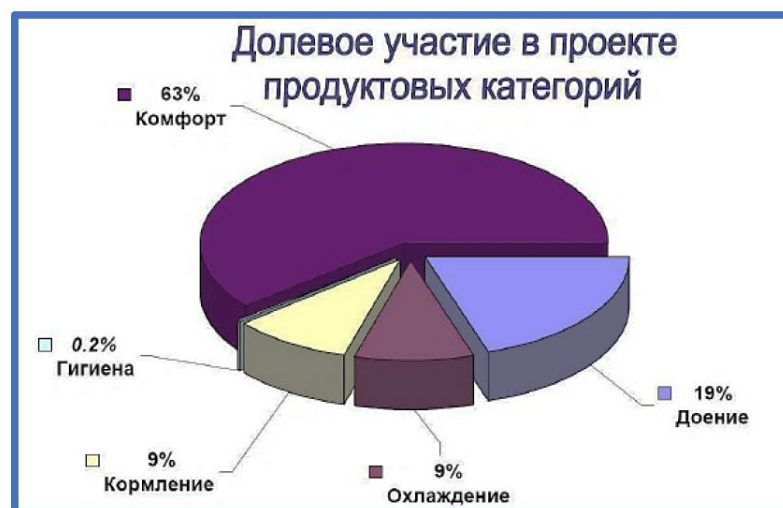
Республика Беларусь характеризуется холодным осенне-зимним периодом, который считается трудным для содержания сельскохозяйственных животных. Особенно необходимо тепло в этот период молодняку, у которого в первые дни жизни механизмы терморегуляции несовершенны. Поросята, например, рождаются без волосяного покрова и подкожного жира. Молодняку крупного рогатого скота в начальный период выращивания, особенно в период новорожденности, также требуется повышенный тепловой режим. Физическая терморегуляция у новорожденных ягнят вступает в действие только через 10-15 дней после рождения, а при содержании в сырых и холодных помещениях даже позднее.

У только что вылупившейся цыпленка наблюдаются колебания температуры тела при изменении температуры воздуха всего на $0,03^{\circ}\text{C}$, а при снижении ее до $14-15^{\circ}\text{C}$ температура тела резко понижается. С возрастом устойчивость к колебаниям окружающей температуры повышается, а к двум неделям температура тела цыплят достигает постоянного уровня, характерного для взрослой птицы.

Низкая температура и высокая влажность воздуха в помещении неблагоприятно отражаются на росте и развитии молодняка, приводят к нарушению обмена веществ, возникновению простудных заболеваний, расстройству пищеварения и даже гибели.

Современные технологии содержания животных предъявляют высокие требования к микроклимату в животноводческих помещениях. По мнению ученых, специалистов животноводства и технологов, продуктивность животных на 50-60% определяется кормами, на 15-20% - уходом и на 10-30% - микроклиматом в животноводческом помещении. Отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10-20%, прироста живой массы - на 20-33%, увеличению отхода молодняка до 5-40%, уменьшению яйценоскости кур - на 30-35%, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям.

По мнению специалистов компании DeLaval удельный вес влияния комфортных условий на формирование продуктивности коров может достигать 63 %.



Структура влияния технологических факторов
на молочную продуктивность коров

На создание устойчивой, соответствующей биологическим требованиям коров среды обитания расходуется до 72% тепловой и электрической энергии от общего потребления на производственные цели.

По данным науч.-практ. центра Нац. акад. наук Беларуси по механизации сельского хозяйства энергозатраты в себестоимости производимой продукции составляют 19-24 %.

Анализ потребности в энергии птицеводческих предприятий в зависимости от вида и возраста птицы, климатических условий, теплотехнических характеристик ограждающих конструкций помещений показал, что на долю обеспечения микроклимата приходится от 40 до 75 % ее годового потребления.

Необходимым условием дальнейшего развития свиноводства является ускоренный переход на производство конкурентоспособной мясной свинины. Мясные свиньи характеризуются повышенной скороспелостью (достижение массы 100 кг в 160-170 дневном возрасте) и более высоким выходом мяса в тушах (содержание постного мяса – 61 и более %). Получение такого уровня продуктивности от животных приводит к снижению их адаптационных возможностей и устойчивости к заболеваниям.

Научными исследованиями и практикой свиноводства установлена существенная зависимость продуктивности и мясных качеств от температуры и влажности воздуха. По данным исследований животные при средней температуре воздуха 17,1°C и относительной влажности 81,1% имели конечную живую массу на 17,4%, а среднесуточные приросты на 30,7% выше, чем свиньи, откармливавшиеся при температуре 4,3°C и влажности 91,1%.

По данным исследований для подсосных маток с поросятами неблагоприятный микроклимат приводит не только к уменьшению продуктивности, но вызывает резкий рост заболеваемости. Установлено, что в тех мато-

чниках, где условия микроклимата относятся к допустимым, 9,9 % поросят погибало до отъёма, в то время как в маточниках с неудовлетворительным микроклиматом, число погибших поросят достигало 51,3 %.

В зданиях без обогрева на решётчатых полах и последующий перевод в не нагретые предварительно здания для откорма привело к увеличению затрат кормов на единицу приростов на 7 % и ухудшение качества туш.

2. Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов.

2.1 Животноводческие и птицеводческие здания.

В соответствии с пунктом 3.6 СН 3.02.09-2020 «Сельскохозяйственные здания»: сельскохозяйственные здания: Здания производственного назначения, предназначенные для размещения производств, связанных с выпуском (первичной переработкой, хранением) сельскохозяйственной продукции, а также обслуживанием сельскохозяйственной техники, обеспечивающие необходимые производственные условия для труда и эксплуатации установленного в них технологического оборудования.

Эти строительные нормы устанавливают требования к проектированию:

- животноводческих, птицеводческих, звероводческих зданий и помещений;
- зданий и помещений для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;
- теплиц;
- зданий и сооружений для хранения и переработки зерна: элеваторов, зерноскладов, мельниц, зданий крупяных, комбикормовых заводов и других предприятий.

Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения

Теплоснабжение зданий для отопления и вентиляции, горячего водоснабжения и технологических нужд следует предусматривать местное (топочные, электронагревательные устройства, теплогенераторы и др.), а при технико-экономическом обосновании — централизованное.

Расчетные параметры внутреннего воздуха при проектировании отопления и вентиляции зданий следует принимать:

- а) в основных производственных помещениях — по соответствующим нормам технологического проектирования;
- б) в помещениях, для которых параметры внутреннего воздуха не установлены нормами технологического проектирования, — в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

В помещениях для содержания животных и птицы в случаях, когда теплопотери не компенсируются тепловыделениями, необходимо предусматривать воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией.

В родильных отделениях крупного рогатого скота в помещениях для содержания свиноматок с поросятами, молодняка кроликов и птицы разрешается применять системы отопления с местными нагревательными приборами.

Для обогрева поросят-сосунов и молодняка птицы младших возрастов следует предусматривать системы локального обогрева.

Температуру поверхности нагревательных приборов следует принимать:

- в помещениях для содержания птицы на полу — не выше 105 °С;
- в помещениях для содержания птицы в клетках и животных, а также в других производственных помещениях — не выше 150 °С.

Нагревательные приборы и трубопроводы систем отопления и вентиляции должны размещаться в недоступных для животных и птицы местах или иметь защитные ограждения, при этом во всех случаях должна обеспечиваться возможность дезинфекции и очистки нагревательных приборов и трубопроводов.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УТВЕРЖДАЮ:
Председатель Президиума
Национальной академии наук
Беларуси
«13» *сентября* 2020 г.
В.Г. Гусаков

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель Министра сельского
хозяйства и продовольствия Рес-
публики Беларусь
«13» *сентября* 2020 г.
И.В. Брыло

**КОМПЛЕКСНЫЕ НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВЫХ, РЕКОНСТРУКЦИИ
И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ
СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОКА,
ГОВЯДИНЫ И СВИНИНЫ**

КНТП – 1 – 2020

Минск 2021

В соответствии с КНТП-1-20. Комплексные нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения существующих животноводческих объектов по производству молока, говядины и свинины. Издатель (Республиканское унитарное предприятие

«Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2021):

Классификация крупного рогатого скота: Дойные коровы, Сухостойные (стельные) коровы (которых прекратили доить за 2 мес. до отела); Глубокостельные коровы (последние 0,5 мес. до отела); Новотельные коровы (первые 0,5 мес. после отела); Нетели - стельные телки; телята: молочных и комбинированных пород до 6 месяцев; Молодняк молочных и комбинированных пород от 6 до 18 месяцев;

Телят молочных и комбинированных пород содержат в индивидуальных домиках (клетках).

Классификацией свиней: хряки, матки, поросята-сосуны – поросята в период нахождения под маткой от рождения до отъёма, ориентировочный возраст от 0 до 21–42 дневного возраста; поросята на доращивании – поросята после отъёма от маток до передачи на откорм, ориентировочный возраст от 21–42 до 77–91 дневного возраста.

Таблица 1

Нормы выделения от одного животного теплоты

Группы животных	Масса животных, кг	Теплота, Вт (ккал/ч)	
		общая	свободная
Коровы сухостойные и нетели за 2 месяца	400	607 (522)	436 (376)
	500	700 (602)	504 (433)
	600	784 (674)	565 (486)
Коровы лактирующие при удое в сутки кг:			
5	400	614 (528)	442 (380)
	500	709 (610)	511 (439)
	600	797 (685)	574 (494)
10	400	643 (553)	463 (398)
	500	736 (633)	530 (456)
	600	822 (707)	592 (509)
15	400	716 (616)	515 (443)
	500	816 (702)	587 (505)
	600	905 (778)	651 (560)
20	400	779 (670)	561 (482)
	500	882 (758)	635 (546)
	600	971 (835)	699 (601)
25	400	847 (728)	611 (525)
	500	953 (819)	686 (590)
	600	1104 (896)	750 (645)
30 и более	400	920 (791)	662 (569)
	500	1103 (888)	744 (639)
	600	1112 (967)	810 (696)
Быки-производители	600	1104 (893)	747 (642)
	800	1123 (1055)	883 (759)
	1000	1139 (1193)	1000 (860)

В графе 3 приведены нормы выделения общей теплоты, т.е. общей теплопродукции животных, включая скрытую теплоту испарения.

Таблица 2

**Зоогигиенические нормативы микроклимата для коров и ремонтного
молодняка крупного рогатого скота**

Тип помещения	Температура воздуха, °С		
	нижняя критиче- ская	верхняя крити- ческая	оптимальные условия
1	2	3	4
Коровники (при- вязное содержа- ние)	+5	+25	+8 – +12
Профилакторий (индивидуальные клетки в помеще- нии)	+5	+25	+16 – +18
молодняк от 60 дн. до 6 мес.	+8	+25	+12 – +16
молодняк старше 6 мес.	+5	+25	+10 – +15
Коровники (бес- привязное содер- жание)	-10	+25	+1 – +15

Коровники не отапливаются, так как организм крупного рогатого скота способен приспосабливаться к холодным условиям и большим перепадам температур, сохраняя температуру тела в определенных пределах. Так, нижняя критическая температура для нетелей массой 100 кг составляет -14°С (при скорости движения воздуха 0,2 м/с), бычков на откорме массой 250 кг - -32°С, молочных коров массой 500 кг - -26°С.

Таблица 3

Расчетные температуры воздуха в помещениях МТФ

Наименование зданий и по- мещений	Группа животных	Расчетная температура воздуха, °С
Помещения для санитарной обработки скота	коровы, молодняк телят	18
Доильно-молочный блок (доильный зал, молочная)		17
Пункт искусственного осе- менения (лаборатория)		18-25

Таблица 4

Нормы температуры внутреннего воздуха помещений для содержания различных половозрастных групп свиней

Наименование зданий и помещений	Температура воздуха в помещении, °С		
	расчетная	максимальная	минимальная
1. Хряки-производители и пробники	16	19	13
2. Свиноматки холостые, условно супоросные, супоросные и выбракованные на откорме	20	23	17
3. Свиноматки подсосные с приплодом	20	22	18
4. В зоне локального обогрева поросят, в возрасте:			
1-4 дня	35	36	34
5-14 дней	30	31	29
15-22 дня	27	28	26
23-30 дней	24	25	23
31 день и старше (до отъема)	23	24	22
5. Поросята на дорастивании, в возрасте: 35-40 дней (1-5 день после отъема)	26	27	25
41-86 дней	22	24	20
6. Откормочный молодняк, в возрасте:			
87-140 дней	21	23	18
141 день и старше	19	21	16
7. Ремонтные хряки и ремонтные свинки I и II периода выращивания и проверяемые хряки	22	24	20
8. Соединительная галерея	10	16	5

При формировании микроклимата в свинарниках-маточниках требуемый температурно-влажностный режим неодинаков для свиноматок и поросят. Как правило, в этих помещениях используется зонный принцип, при котором в локальных зонах размещения молодняка животных создается необходимый уровень температуры и влажности.

Различают три основных способа обогрева: инфракрасный (радиационный, лучистый), контактный (кондуктивный) и комбинированный (одновременное сочетание первых двух).

Таблица 5

Характеристика способов локального обогрева

Способ	Основные достоинства	Основные недостатки	Тип оборудования	Общие рекомендации
Инфракрасный	Простота конструкций обогревателей, низкая энерго- и материалоемкость. Простота автоматизации режимов работы оборудования. Дополнительный биологический эффект от ИК-облучения	Раздражающее действие яркого светового потока при использовании ламповых облучателей. Возможное временное переохлаждение нижней поверхности тела животных. Сравнительно малый срок службы излучателей. Необходимость применения подстилки	«Светлые» и «темные» облучатели и установки, низкотемпературные излучатели панельного типа с развитой излучательной поверхностью	Основной и наиболее распространенный способ обогрева. Возможно применение в любых электрифицированных помещениях
Контактный	Высокая технологическая эффективность. Низкая энергоемкость (по сравнению с ИК-обогревом расход энергии на локальный обогрев можно уменьшить более чем вдвое). Возможность использования в ряде случаев «внепиковой» электроэнергии. Большой срок службы обогревателей. Возможен отказ от применения подстилки	Возможное переохлаждение верхней поверхности тела животных при взаимодействии с холодным воздухом. Необходимо использование понижающих трансформаторов. Повышенные требования к электробезопасности. Большая инерционность	Обогреваемые полы, участки и полосы пола, панели, ковры, маты, грелки для обогрева и обдушки	Применение возможно в любых помещениях. Использование целесообразно в строящихся и реконструируемых зданиях
Комбинированный	Наиболее эффективное воздействие на организм животных. Все основные преимущества ИК- и контактного обогрева. Возможность значительного снижения общего теплового фона в помещении вплоть до отказа в некоторых случаях от подогрева приточного воздуха	Высокие капитальные затраты. Повышенные требования к уровню эксплуатации. В некоторых случаях необходимость использования понижающих трансформаторов. Повышенные требования к электробезопасности	Одновременное использование средств ИК и контактного обогрева. Специальные комбинированные установки, комплекты и устройства	Высокоэффективный способ для любых электрифицированных помещений

Подсосным свиноматкам с поросятами нужна различная температура воздуха помещения: для свиноматок — около $+20^{\circ}\text{C}$, для поросят-сосунов от $+30$ до $+20^{\circ}\text{C}$. В свинарниках-маточниках, оборудованных воздушным отоплением, такую разницу температур можно создавать обогревом пола в зоне отдыха поросят. Водяное отопление для обогрева пола зарекомендовало себя не так хорошо, как электрическое, которое можно установить при строительстве или реконструкции свинарника. Обогрев полов все шире применяется также в свинарниках для содержания поросят-отъемышей и молодняка массой до 60 кг. Рекомендуемые параметры обогрева пола:

- в гнезде для поросят-сосунов (температура поверхности пола до $+32^{\circ}\text{C}$) на обогреваемую поверхность — 300—350 Вт/м²; на каждый станок для опороса — 140 Вт (так как требуется обогревать только площадь размером 50X70 см, на которой могут удобно разместиться 10—12 поросят массой до 10 кг);

- для поросят массой 10—25 кг (температура поверхности пола $+25^{\circ}\text{C}$) — 100 Вт/м² на обогрев логова;

- для поросят массой до 60 кг (температура поверхности $+22^{\circ}\text{C}$) — 60 Вт/м² на обогрев логова.

Во многих случаях предпочтение отдается комбинированному обогреву. В то же время недостаточный положительный эффект от инфракрасных облучателей без одновременного контактного подогрева можно частично восполнить применением утепленных полов (из шпунтованной резиновой плитки ПРШ-1) или соответствующих подстилочных материалов. В этом случае дополнительная «пассивная» теплоизоляция снизу предотвращает увеличение потерь тепла организма в пол почти так же, как и встречный тепловой поток от «активного» напольного (встроенного в пол) обогревателя. Утепленный пол в этом случае играет роль «пассивной» обогревательной панели.

Все описанные способы обогрева при правильном применении дают положительный эффект с точки зрения степени создаваемого ими теплового комфорта, при этом локальный обогрев является одним из эффективных способов энергосбережения.

Для обеспечения инфракрасного, контактного и комбинированного способов обогрева используют различные инфракрасные облучатели и облучающие установки, панели, коврики, маты, полы или участки пола, обогреваемые с помощью различных энергоносителей.

Источники инфракрасного (ИК) обогрева обычно называют ИК-излучателями и делят на две группы: «светлые» и «темные». Из «светлых» ИК-излучателей наиболее распространены ламповые. По конструкции они аналогичны лампам накаливания. У ламповых ИК-излучателей до 70 % потребляемой энергии преобразуется в ИК-излучение. Для направления потока излучения в обогреваемую зону и формирования его в пространстве

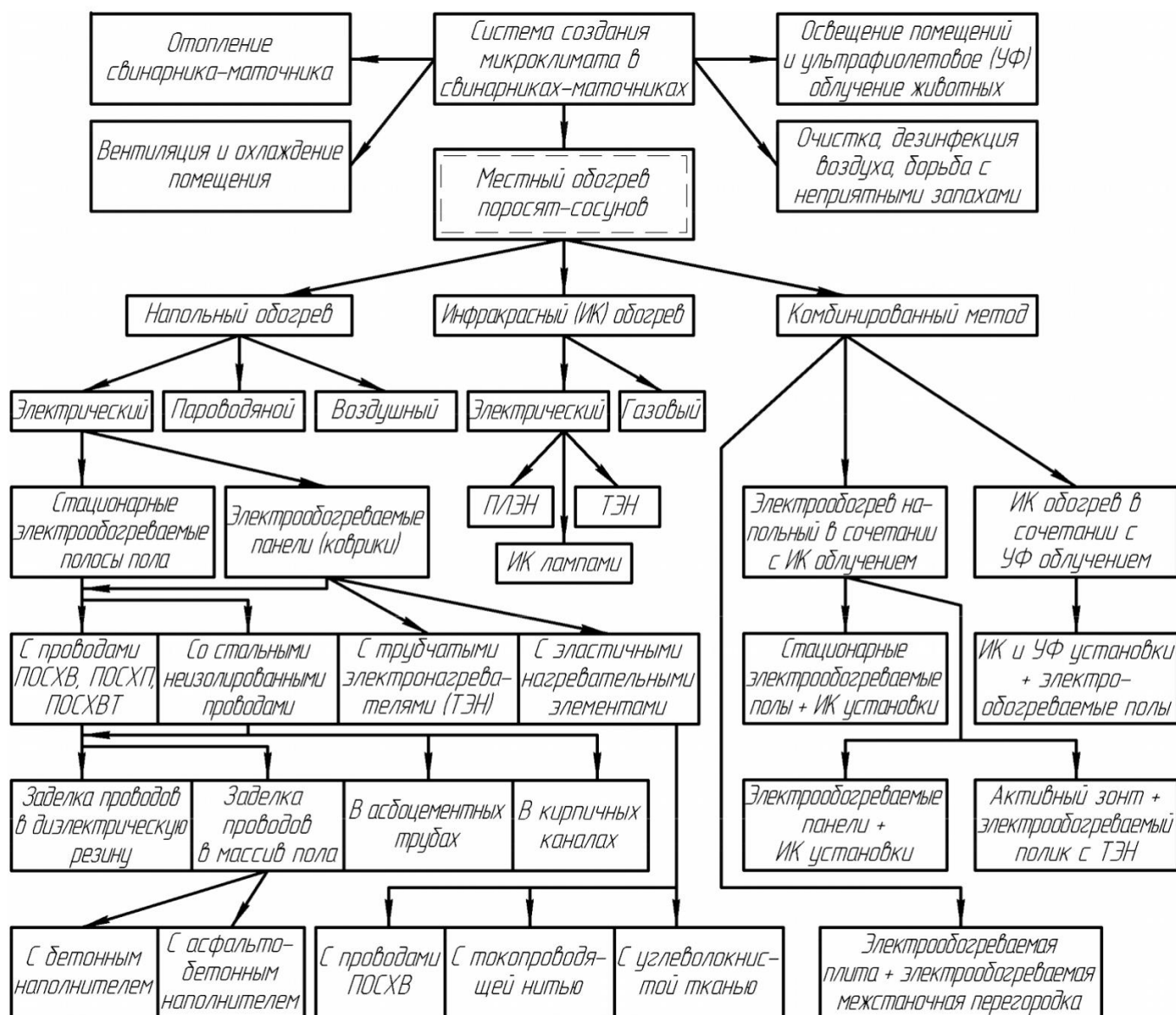
необходимым образом ИК-лампы имеют внутренний отражатель (часть колбы, прилегающая к цоколю, покрыта зеркальным слоем).

Современные «темные» ИК-излучатели более надежны при ударных механических нагрузках и кратковременных перегрузках по напряжению. Один из вариантов - источником ИК-излучения в них служит керамическая плитка, в которую запрессована нагревательная (нихромовая) спираль. Выводы оформлены в виде лампового цоколя с резьбой. Корпус и отражатель выполнены из алюминия. Температура излучающего элемента 750°C . Дополнительное достоинство этого излучателя - отсутствие в спектре его излучения видимого света, в связи с этим он не оказывает на животных слепящего воздействия.

Другим распространенным видом «темных» излучателей являются трубчатые электронагреватели типа ТЭН. Они представляют собой тонкостенную металлическую трубку, внутри которой расположена нагреваемая электрическим током спираль из проволоки с высоким сопротивлением. В зависимости от размеров и сечения спирали температура наружной поверхности трубки может иметь значения в довольно широких пределах ($400-750^{\circ}\text{C}$). ТЭНы можно изгибать, не опасаясь повреждения изоляции, поэтому излучатели могут иметь различную форму. Благодаря наличию металлической оболочки они по прочности превосходят все существующие ИК-излучатели, нечувствительны к внезапному охлаждению воздухом или к попаданию брызг. Работа спирали без доступа кислорода существенно увеличивает срок службы, так как не происходит окисления.

Положительное биологическое воздействие на животных оказывает совместное инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. Для этих целей применяются специальные облучательные установки, позволяющие в автоматическом режиме осуществлять наиболее благоприятное воздействие на молодняк при рациональном энергетическом режиме.

В результате анализа технических средств В.К. Мурзиным составлена классификационная схема для установок локального обогрева молодняка на примере поросят-сосунов:



В настоящее время обогрев птичников осуществляется двумя способами: с помощью воздуховодов с воздухораспределительной системой, в которые подогретый воздух подается от теплогенераторов, калориферов или котельных, и с помощью устанавливаемых непосредственно в зале птичника газовых теплогенераторов, в которых получается смесь продуктов сгорания топлива и воздуха.

Газовые теплогенераторы, работающие на природном газе, уменьшают запыленность воздуха на 60 %, расходы на отопление - в 3 раза по сравнению с использованием котельных.

При отоплении птичников посредством газогенераторов в помещение не поступает экологически чистый воздух, так как он смешивается с продуктами сгорания топлива, некоторые из которых являются сильными канце-

рогенами. С целью уменьшения влияния вредных примесей газовой теплогенераторы оборудуются дополнительными воздуховодами, через которые подается воздух в камеру сгорания и таким образом в помещении не происходит выгорания кислорода и обеспечиваются нормативные объем кислорода и содержание оксидов азота.

2.2 Использование инфракрасного излучения для обогрева молодняка.

1. Биологическое действие инфракрасного облучения на молодняка

Необходимый температурный режим при выращивании молодняка может быть обеспечен общим обогревом помещения или комбинированной системой общего и локального обогрева. Более целесообразно применение комбинированной системы, позволяющей создавать повышенную температуру только в небольшой ограниченной зоне нахождения молодняка в первый период выращивания.

Для местного обогрева используют различные нагревательные установки — обогреваемые полы, коврики, панели и др. Широкое применение в практике сельского хозяйства получил инфракрасный обогрев молодняка, обладающий благотворным биологическим действием на организм животных.

При падении потока излучения на поверхность тела животного часть излучения отражается, остальное поглощается в коже или подкожной ткани, вызывая их нагрев. Тепловое действие инфракрасного излучения основано на том, что при его поглощении в тканях происходит переполнение кровеносных сосудов кровью, нормализуется обмен веществ.

Степень проникновения ИК излучения через кожу зависит от ее состояния (влажности, наличия шерстного или пухо-перьевого покрова, пигментации). Поглощение ИК излучения кожным покровом — весьма сложный биологический процесс, в котором принимает участие весь организм животного с его терморегуляторным аппаратом. Проникая в кожу и подкожные ткани, излучение вызывает общую реакцию организма, которая возникает рефлекторно через тепловые рецепторы. Действуя через кожу на нервную систему, а через нее на внутренние органы, ИК излучение улучшает функции желез, кровоснабжение тканей и органов.

Вследствие неодинаковой глубины проникновения механизм действия длинноволнового (с длиной волны более 1600 нм) и коротковолнового (750 . . . 1500 нм) излучения различен: длинноволновое излучение поглощается поверхностными слоями кожи и вызывает их покраснение, а коротковолновое проникает на глубину до 7...8 см и прогревает глуболежащие ткани. Благодаря этому создается надежный барьер на пути проникновения холода в организм животного, предупреждается его переохлаждение. ИК излучение, проникая в глуболежащие слои кожи и подкожной клетчатки, посредством реакций кожи и нервной системы улучшает функции желез и общий обмен веществ.

Установлено, что после воздействия ИК излучения на кожу и глубоколежащие ткани в организме животных происходит активация кроветворных органов, в крови увеличивается количество эритроцитов, лейкоцитов, содержание гемоглобина, а также появляются активные продукты распада белков

Исследования показали, что ИК облучение оказывает положительное влияние на резистентность животных. При облучении в оптимальных режимах в организме увеличивается количество лизоцима, повышается фагоцитарная активность лейкоцитов, их агрессивность, титр нормальных агглютининов, что приводит к активации физиологических отправления и повышению естественной резистентности организма.

При прерывистом режиме работы ИК излучателей попеременное воздействие высоких и низких температур на животных подвергает их сосудистую систему своеобразной тренировке, происходит закаливание организма.

Таким образом, ИК облучение, в отличие от других средств местного обогрева, не только предохраняет животных от переохлаждения, но и усиливает биологические процессы в их организме, способствует повышению тонуса и естественных защитных сил, положительно сказывается на состоянии, развитии, приросте, а также на сохранении молодняка.

Специфичность воздействия позволяет также использовать ИК облучение в лечебных целях.

2. Обогрев поросят

При опоросах в холодное время года необходимо в свинарниках-маточниках создавать два отдельных температурно-влажностных режима: один для подсосных маток, другой для поросят-сосунов. Для маток должна поддерживаться температура воздуха не более 18...20°C. При температуре выше 20° С у них снижается обмен веществ, уменьшается молочность, появляются вялость, учащенное дыхание, плохой аппетит.

Поросята рождаются без волосяного покрова и подкожного жира и в первые дни жизни крайне чувствительны к воздействиям холода, сквозняков, сырости, повышенному содержанию в воздухе аммиака.

Температура в зоне нахождения поросят-сосунов должна быть 30°C и снижаться к отъему в 26 дней — до 24°C, к концу первого месяца— 23°C, 1,5 месяцам — 22°C и в двухмесячном возрасте до 21°C. При более низких температурах поросята большую часть времени проводят около матки, часто задавливаются ею, не регулярно сосут, отстают в росте, у них наблюдается ряд отклонений в физиологии развития.

Раздельный температурно-влажностный режим для маток и молодняка может быть обеспечен созданием для поросят локальных зон инфракрасного обогрева.

Поросят в подсосный период следует обогревать в зоне их отдыха. Бетонные неутепленные полы устилают опилками или соломой слоем до 5 см. На деревянных полах без щелей, а также на утепленных бетонных полах подстилку можно не применять.

Наиболее благоприятные условия для выращивания поросят позволяют создавать комбинированный электрробогрев (сочетание ИК облучателей или комбинированных установок с теплоаккумулирующими электрообогреваемыми полами, электронагревательными панелями или ковриками). При таком обогреве теплота к животным подводится снизу и сверху, гарантируется обогрев во время перерывов в электроснабжении.

3. Обогрев телят

При содержании телят в клетках один облучатель используют для обогрева и облучения двух смежных клеток, а при групповом содержании оборудуют обогреваемую площадку из расчета один облучатель на 4 м² площади. Рекомендуют режим обогрева телят — прерывистый с выключением на 30 мин после каждых 1-г 1,5 ч работы. Допускается также непрерывный обогрев телят с тремя часовыми перерывами во время кормления — утром, днем и вечером.

4. Обогрев ягнят

Помещения для содержания овец, кроме родильного отделения, не отапливаются.

Новорожденные ягнята и молодняк в первый период жизни не имеют установившихся внутренних механизмов, поддерживающих постоянство температуры тела; у них хорошо развита регуляция теплообразования, а теплоотдача обычно несовершенна,

Исследованиями и практическими наблюдениями установлено, что ягнята, рождающиеся зимой в помещениях с температурой воздуха ниже 5.. 8° С при относительной влажности 85. ..98%, в первые 2.. .3 дня бывают вялыми, не проявляют присущей им подвижности и длительное время стоят или лежат около овцематки. Наиболее слабые ягнята погибают от переохлаждения. Поэтому создание оптимального температурно-влажностного режима в помещениях для ягнят имеет практическое значение для профилактики простудных заболеваний, является одним из важных условий сохранения приплода, особенно в зимнее время, и повышения продуктивности животных.

По отечественным и зарубежным данным, нижняя граница оптимальных температур для ягнят +10°С, для остальных групп овец +8°С. Верхняя граница оптимальных температур для ягнят + 17°С.

Один из способов создания необходимого температурного режима и снижения относительной влажности воздуха помещений—местный обогрев молодняка инфракрасным излучением.

Помещение для проведения ягнения оборудуют облучателями из расчета 25 Вт на матку с приплодом, а при искусственном выращивании ягнят — из расчета 250 Вт на 10 ягнят.

Первые три-четыре дня ягнят обогревают в течение 20 ч в режиме 3 ч обогрев, 40 мин пауза. Паузы обогрева целесообразно совмещать с кормлением ягнят. В последующие дни- (до 15 ... 20-дневного возраста) время обогрева сокращают до 16 ч в сутки, причем в течение дня через каждый час лампы выключают на полчаса.

При температуре воздуха в овчарне не ниже +10°C локальный ИК обогрев ягнят применяют до 10 .. 15-дневного возраста, при более низкой температуре ИК лампы следует оставлять включенными и в следующий период выращивания (до 45 ... 60-дневного возраста).

5. Обогрев молодняка птицы

Для обогрева молодняка птицы используются ИК лампы только с окрашенной колбой. Одной лампой мощностью 250 Вт можно обогреть 100... 120 цыплят, 60 .. 80 индюшат, гусят или утят первого возраста.

ИК обогрев можно применять как при напольном, так и при клеточном выращивании.

При клеточном выращивании молодняка птицы ИК обогрев можно применять только в одноярусных клеточных батареях или в многоярусных со «стартовым» ярусом. Облучатели стационарно подвешивают к потолочным перекрытиям или на тросе над верхним ярусом на высоте 60 .. 70 см от пола клетки, располагая их вдоль оси.

Молодняк птицы обогревают с 1- до 20 .. 30-дневного возраста (в зависимости от температуры воздуха в птичнике). Режим обогрева, как правило, непрерывный

2.3 Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, хранения и переработки зерна.

Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

В зданиях и помещениях для хранения сельскохозяйственной продукции, в которых теплопотери не компенсируются тепловыделениями, следует предусматривать воздушное отопление, обеспечивающее технологические режимы хранения.

В период снижения температуры наружного воздуха ниже расчетных значений компенсацию потерь теплоты следует обеспечивать с помощью передвижных теплогенераторов, допущенных к эксплуатации в рассматриваемых помещениях.

Здания и сооружения для хранения и переработки зерна

В производственных зданиях следует предусматривать, в обоснованных случаях, устройство воздушного отопления, совмещенного с приточной вентиляцией в производственных помещениях, и центрального водяного отопления во вспомогательных помещениях.

В качестве теплоносителя в системе отопления и вентиляции предприятий, как правило, следует применять горячую воду. Другие теплоносители применяют при соответствующем обосновании.

Отопление рабочих зданий элеватора и силосных корпусов, складов сырья и готовой продукции, металлических зернохранилищ, зерноскладов не предусматривается.

Для обогрева рабочих в помещениях (кабинах), расположенных на верхних этажах рабочих зданий элеваторов, допускается предусматривать электрическое отопление с помощью стационарно установленных электропечей мощностью до 1 кВт заводского изготовления в закрытом металлическом кожухе.

2.4 Теплицы.

Культивационные сооружения строят двух типов — теплицы и парники. Теплицы устраивают для эксплуатации весной, летом и осенью или круглогодично. Парники эксплуатируют обычно весной и летом.

Микроклимат теплиц специфичен и разнообразен для разных растений даже в течение суток. Например, температура внутреннего воздуха в теплицах для томатов в период их посевов и до появления первых всходов должна быть +25° С. После появления всходов в течение трех суток температуру снижают до +14° С, ночью до +11° С.

В последующие дни температура днем должна быть +17°С, ночью +20°С. После того как растения окрепнут; необходим режим температуры ночью +15° С (отклонения ± 1°), в-солнечную погоду днем от +30 до +32° С.

Еще более разнообразны требования к внутренней температуре огуречных теплиц. Не менее жесткие требования предъявляют к температуре почвы и влажности воздуха. В случае аварии в системе отопления и вентиляции огурцы могут перенести кратковременное снижение температуры до +8°С на срок не более 6 ч.

Овощные растения можно разделить на холодостойкие и теплолюбивые.

Холодостойкие в определенные периоды прорастания могут переносить (кратковременно) температуру -1, -2°С. Теплолюбивые не только не переносят температуру ниже 0°, но иногда гибнут при температуре +3, +5 и даже +10° С.

Максимум ассимиляции и накопления органического вещества, а также образования прироста у холодостойких культур происходит при температуре 17-20°C. При более высоких температурах этот процесс замедляется, а при +40°C почти прекращается.

В течение суток необходимо изменять температуру от более высокой в дневное до пониженной в ночное время. Изменять температурный режим в культивационных помещениях следует и в дневное время в связи с интенсивностью освещения.

Теплицы по надежности теплоснабжения, как правило, относятся к потребителям второй категории. Теплоснабжение теплиц следует осуществлять за счет собственных или централизованных источников тепла; при технико-экономическом обосновании следует предусматривать использование вторичных энергоресурсов. При использовании для отопления теплиц вторичных энергоресурсов допускается применять схемы теплоснабжения с использованием пиковой котельной.

Отопление и вентиляцию теплиц следует проектировать с учетом поступлений тепла, аккумулированного почвой в дневное время (холодный период года) и от солнечной радиации (теплый период года).

В теплицах, эксплуатируемых в течение всего года, следует предусматривать водяное отопление или водяное в сочетании с воздушным (комбинированное отопление) и водяной обогрев грунта.

Комбинированную систему отопления необходимо предусматривать, как правило, в зонах с температурой воздуха наиболее холодных суток минус 20°C и ниже, в остальных районах ее применение должно быть обосновано.

Мощность воздушного обогрева в системе комбинированного отопления следует принимать в однопролетных теплицах равной 35 %–50 %, в многопролетных — 20 %–40 % от общего расхода тепла в расчетный период.

В теплицах весенне-осеннего использования следует предусматривать воздушное отопление от калориферов и теплогенераторов, при обосновании — водяное отопление с регистрами из труб.

При проектировании систем отопления теплиц температуру теплоносителя следует принимать не более 95 °C. При технико-экономическом обосновании применяют теплоноситель с температурой до 150 °C.

Приборы отопления в теплицах необходимо размещать:

- в верхней зоне — под покрытием, водосточными желобами и карнизами;

- в средней зоне — у наружных стен, на внутренних стойках каркаса, затяжках рам или нижних поясах ферм и между рядами растений;

- в нижней зоне — на почве между рядами растений, по контуру наружных стен на глубине 0,05–0,10 м и, при необходимости обогрева грун-

та, на глубине не менее 0,40 м от проектной отметки поверхности почвы до верха труб отопления.

Трубы для обогрева грунта следует располагать равномерно по площади теплиц. Расстояние между трубами следует назначать по теплотехническому расчету.

Для водяного отопления теплиц в качестве отопительных приборов следует применять, в зависимости от температуры теплоносителя, пластмассовые, стальные гладкие трубы с соответствующей антикоррозионной защитой. Применение стальных труб для подпочвенного обогрева не допускается.

Для обеспечения равномерного обогрева внутреннего воздуха теплиц следует:

- в зону высотой 1 м от поверхности почвы подавать не менее 40 % общего количества теплоты, включая теплоту обогрева грунта;

- в остальной зоне удельная (на 1 м² поверхности ограждений) теплоотдача отопительных приборов, располагаемых на вертикальных ограждениях (стенах), должна быть на 25 % больше теплоотдачи приборов, располагаемых на наклонных ограждениях (покрытии).

Запорная и регулирующая арматура должна обеспечивать раздельное включение (выключение) и регулирование теплоотдачи приборов отопления, размещенных в верхней, средней и нижней зонах теплицы.

2.5 Складские помещения.

В соответствии с пунктом 5 «Складские здания» СН 3.02.09-2020 «Складские здания»:

В складах температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха необходимо принимать в соответствии с требованиями технологии хранения грузов и СН 4.02.03.

Отопление складов с высотным стеллажным хранением следует предусматривать воздушным, совмещенным с приточной вентиляцией, или водяным с применением потолочных излучающих панелей, расположенных в верхней зоне. Количество наружного воздуха принимают в соответствии с СН 4.02.03.

В соответствии с пунктом 6 «Здания холодильников» СН 3.02.09-2020 «Складские здания»:

Помещение для хранения картофеля, овощей и фруктов должны быть оборудованы приборами и устройствами, позволяющими контролировать и автоматически поддерживать температуру воздуха, а также приборами для контроля относительной влажности. Не допускается конденсация влаги на внутренних поверхностях стен и потолков в помещениях для хранения картофеля, овощей и фруктов, а также в помещениях, примыкающих к холодильным камерам.

Расчетную температуру воздуха и кратность воздухообмена в помещениях зданий холодильников следует принимать по таблице 6.

Таблица 6

Помещение	Расчетная температура воздуха, °С	Кратность воздухообмена		
		Приток	Вытяжка	Аварийная вытяжка
Машинное и аппаратное отделения холодильных установок:				
аммиачных при наличии постоянного обслуживающего персонала				
аммиачных без постоянного обслуживающего персонала	18	По [7]		В соотв. с СН 4.02.03
аммиачных без постоянного обслуживающего персонала, с оборудованием с водяным охлаждением	5	То же		То же
помещение холодильного распределительного устройства аммиачных холодильных установок	5	-		-
фреоновых при наличии постоянного обслуживающего персонала				
фреоновых без постоянного обслуживающего персонала	5	-		-
Помещение зарядки тяговых аккумуляторных батарей				
Электролитная	16	Целесообразно по расчету с учетом [8]		-
Ремонтное помещение самоходных машин				
	5	То же		-
	16	Целесообразно по расчету с учетом [12] и [1]		-
	16	То же		-
	16	2		---

В соответствии с пунктом 6 «Склады минеральных удобрений и средств защиты растений» СН 3.02.09-2020 «Складские здания»:

Следует рассматривать отопление складских помещений и помещений для расфасовки и перезатаривания средств защиты растений, которые необходимо хранить при положительных температурах, помещений лаборато-

рии проверки качества. Параметры воздуха в складских помещениях следует принимать в соответствии с рекомендациями производителей средств защиты растений. Складские помещения для удобрений не отапливают.

Метеорологические условия – температуру, относительную влажность и скорость движения внутреннего воздуха – при проектировании отопления и вентиляции в складских помещениях целесообразно принимать по приложению Б, приведенному в таблице 7.

Таблица 7

Метеорологические условия в помещениях

Наименование помещений	Метеорологические условия в помещениях в холодных и переходный периоды года		
	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Складские помещения для удобрений и неотапливаемые помещения для средств защиты растений	Не нормируется		
Отапливаемые складские помещения для средств защиты растений	8-10	75	0,4
Помещения для расфасовки и перезатаривания средств защиты растений, лаборатория для проверки качества средств защиты растений	16-23	75	0,3
<i>Примечание</i> – Метеорологические условия в помещениях, указанных в таблице, в теплый период года не нормируются.			

[вернуться к оглавлению](#)

ТЕМА 2. ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.

1. Общие сведения. Объемы индивидуального строительства в Республике Беларусь. Перспективы.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО



В Беларуси частные дома занимают **не менее 40%** от общего объема ввода жилья ежегодно*.



в 2020 году

42%



в 2021 году

44%



В 2022 году планируется построить не менее **1,68 млн кв.м**, в 2023 году - **1,72 млн кв.м**.

Лидеры по строительству индивидуального жилья - Минская и Брестская области.



С 15 декабря 2022 г. в Беларуси упрощается порядок возведения и реконструкции многоквартирных жилых домов и хозяйственных постройках пятого класса сложности (указ от 13.06.2022 №202).

Минстройархитектуры: доля индивидуального жилья будет составлять не менее 40 процентов в общем объеме жилого строительства

Возведению индивидуальных домов отведена одна из ключевых ролей в проекте госпрограммы «Строительство жилья» на 2021–2025 годы. Ожидается, что благодаря применению новых эксплуатационных и проектных решений экологических материалов оно станет доступнее. В целом же за будущую пятилетку доля индивидуального жилищного строительства должна составлять не менее 40 процентов в общем объеме возведенного жилья.

– Директивой Главы государства № 8 поручено обеспечить строительство индивидуального жилья в размере не менее 40 процентов от общего объема возведенного жилья, хотя на практике получается даже больше, чем 40 процентов, – рассказал начальник главного управления строительства и жилищной политики Министерства архитектуры и строительства Владислав Шаповалов во время конференции в пресс-центре БЕЛТА. – В 2020 году, по данным Белстата, было введено в эксплуатацию более 10 тысяч индивидуальных жилых домов, общая площадь которых составляет более 1,7 млн кв. м. Это примерно 110 процентов от годового задания и 42 процента от общего ввода соответственно. Это говорит о востребованности такого вида строительства.

При этом наиболее востребованы участки для индивидуального жилищного строительства вокруг крупных и средних населенных пунктов. Существенное влияние на это оказывает наличие инфраструктуры. Лидером по строительству такого жилья являются Минская область, где по итогам 2020 года было построено 29 процентов индивидуального жилья от общего объема, введенного в эксплуатацию по стране.

06 ИЮНЯ 2024, 13:28

Доступный квадрат: кто может рассчитывать на господдержку при строительстве жилья

Мой дом - моя крепость

На одну важную особенность жилищной застройки в Беларуси обратили внимание в Министерстве архитектуры и строительства: с каждым годом растет средний метраж квартир в возведенных домах. В 1 квартале 2024-го он составил 95,8 кв.м, тогда как в 2023-м - 88,5 кв.м, а в 2022-м - 85,5 кв.м.

- Такая тенденция связана с масштабами индивидуального жилищного строительства, - объяснили в министерстве и подтвердили этот факт цифрами: - В 2022 году индивидуальное жилье занимало 43,9% от общего объема, в 2023-м - 48,1%, в первом квартале нынешнего - уже 54,1%.



Если в 2022 году было построено 10 427 таких домов, то в 2023-м - 11 056, а в первом квартале 2024-го - 2 233. При этом отметим: сезон стройки начался недавно, не исключено, что и в этом году новоселы побьют новые рекорды.

Александр Шваюнов: "Ежегодно порядка 25 тысяч семей улучшают свои жилищные условия"

17 декабря 2024 года



Ежегодно порядка 25 тысяч семей улучшают свои жилищные условия. Об этом рассказал заместитель министра архитектуры и строительства Александр Шваюнов. Он также отметил, что в этом году по итогам 11 месяцев уже построено 3,3 млн кв. метров общей площади жилья. Из них уже 49 процентов — индивидуальные жилые дома.

Национальный статистический комитет Республики Беларусь



ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЖИЛЬЯ

2024 год

4 390,5

тыс. кв. метров
общей площади

Индивидуальных жилых домов

2 244,0 тыс. кв. метров общей площади

51,1% от общего ввода



Для граждан, состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий

1 427,2 тыс. кв. метров общей площади

32,5% от общего ввода

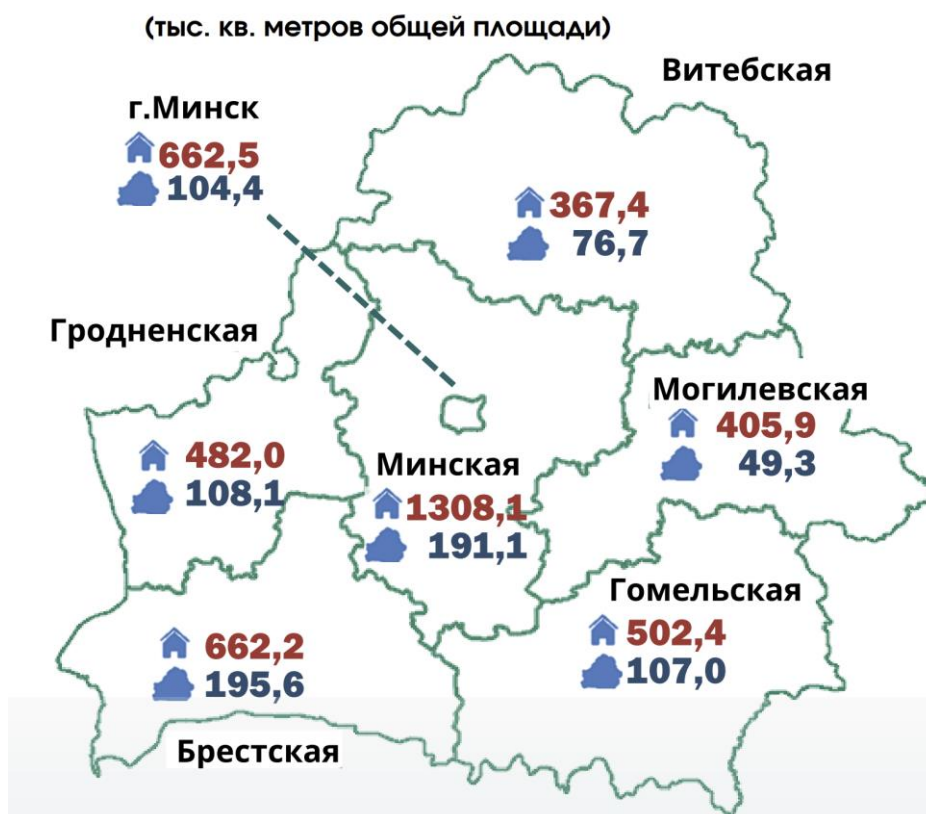
Для граждан, осуществляющих жилищное строительство с государственной поддержкой

832,1 тыс. кв. метров общей площади

19,0% от общего ввода



Россия. По данным Росстата 43% всего нового жилищного строительства РФ составляет малоэтажное строительство, в южных регионах превышает 70%. По прогнозам к 30-ым годам нашего столетия доля малоэтажного строительства достигнет 70-80% в общем объеме жилищного строительства.



Общая площадь всего жилья в стране превышает 273 млн кв м и каждый год прирастает на 3,5 млн, следует из концепции жилищной госполитики до 2030 года, опубликованной на Национальном правовом интернет-портале в четверг.

Также, по данным правительства, на начало прошлого года 68,9% семей (домашних хозяйств) проживали в многоквартирных жилых домах, 28,8% – в индивидуальных домах и 2,2% – в общежитиях.

Источник информации: [Sputnik Беларусь](#).

13.03.2025.

2. Водяное, воздушное и электрическое отопление индивидуальных жилых домов: схемы, особенности применения.

В РБ вопросы проектирования систем отопления жилых домов приводятся в СН 4.02.03-2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», СН 3.02.01-2019 «Жилые здания», (ранее ТКП 45-3.02-230-2010 «Дома жилые одноквартирные и блокированные» и ТКП 45-4.02-74-2007 «Системы отопления и вентиляции усадебных жилых домов»).

Расчет тепловых потерь производится аналогично расчету, рассмотренному в дисциплине «Отопление».

Водяное отопление

Для индивидуальных жилых домов рекомендуется предусматривать водяные системы отопления или с насосной или естественной циркуляцией теплоносителя. Вопросы проектирования таких систем рассмотрены в дисциплине «Отопление».

Температуры теплоносителя рекомендуется принимать для систем с насосной циркуляцией t_r не выше 80°C , t_o не ниже 45°C ; для систем с естественной циркуляцией t_r не выше 95°C , t_o не ниже 60°C .

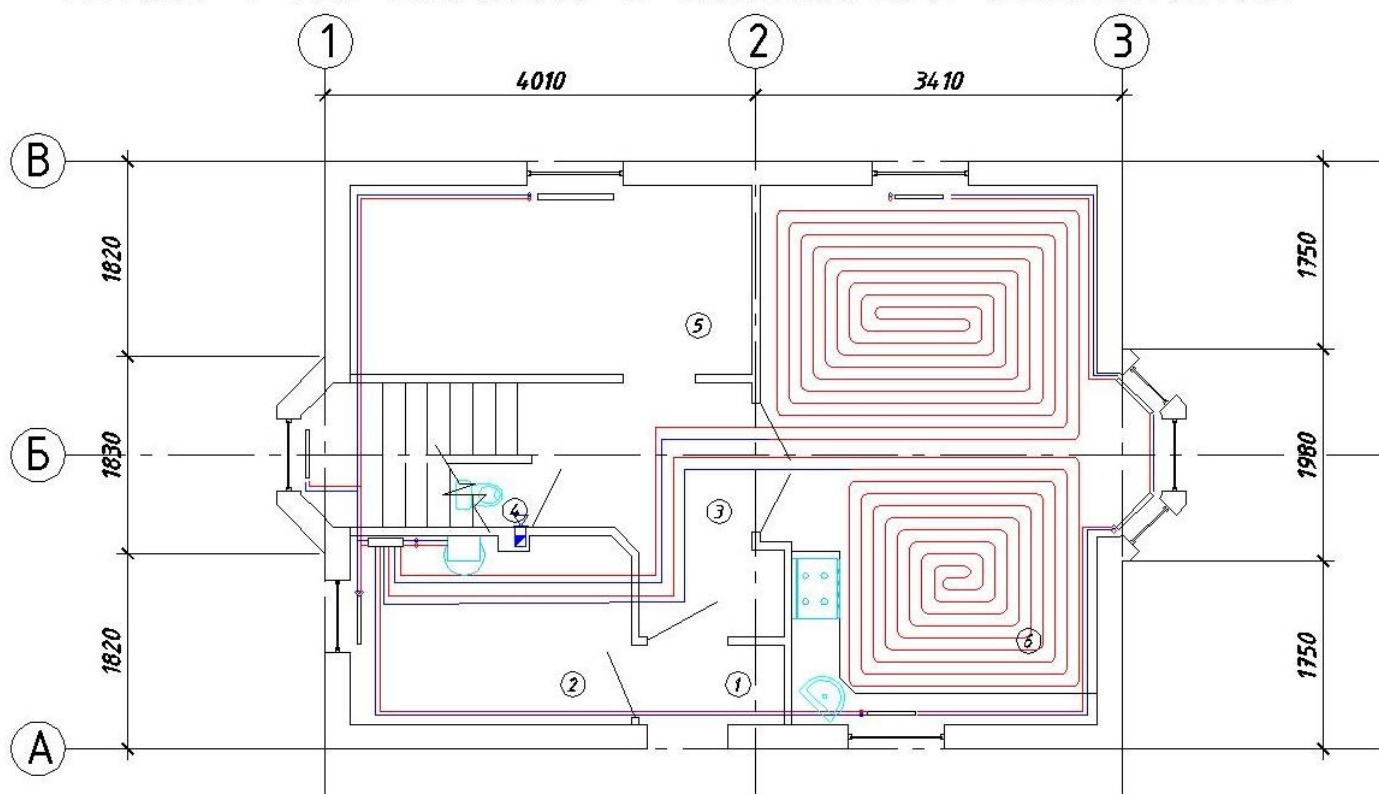
Не допускается размещать отопительные приборы в отсеках тамбуров, имеющих наружные двери.

При поэтажной разводке систем отопления на каждом этаже следует предусматривать встроенные распределительные шкафы, в которых должны размещаться распределительные поэтажные коллекторы с отводящими трубопроводами, запорная арматура, фильтры, балансировочные клапаны. Трубы могут прокладываться скрыто в конструкции пола (или в штробах стен) или в специальных плинтусах-коробах, а также открыто у наружных стен.

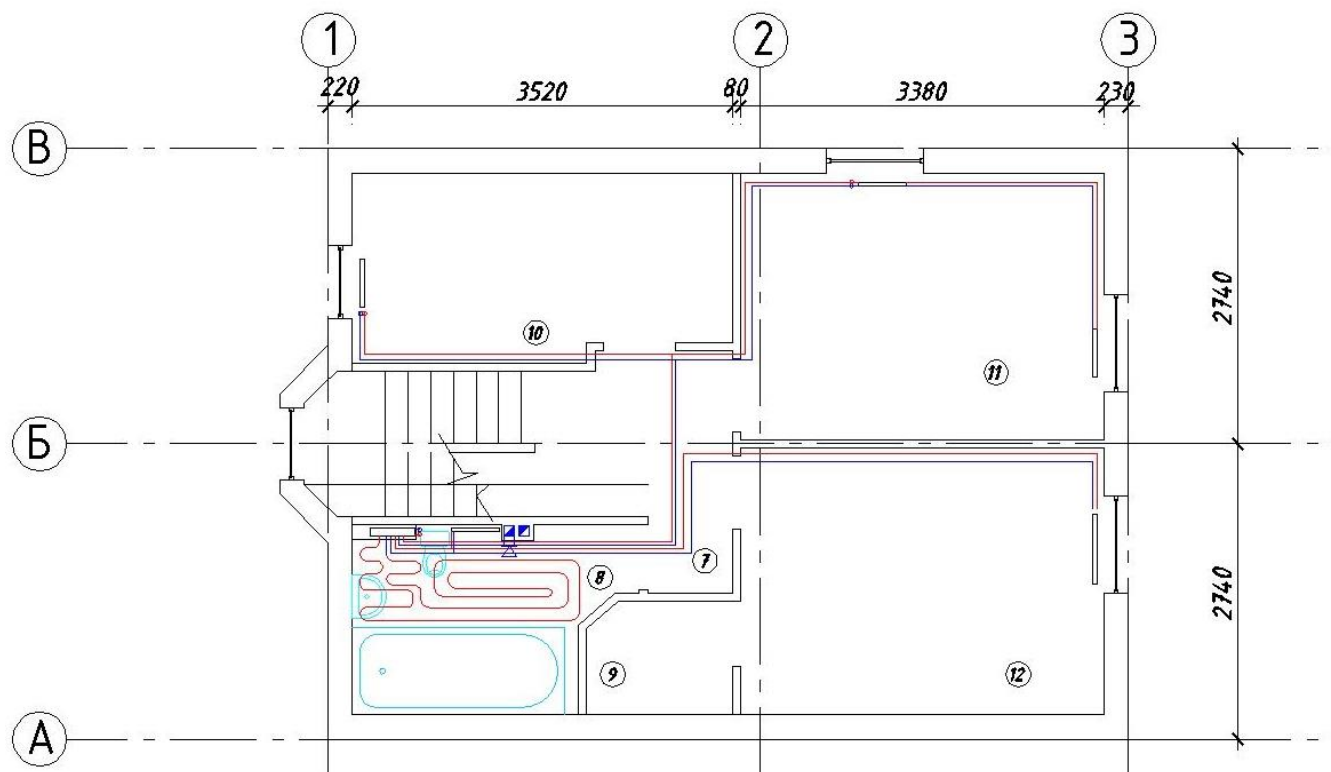
Как и системы отопления многоквартирных жилых домов, общественных и других зданий, системы радиаторного и напольного отопления индивидуальных домов для оптимальной работы требуют наладки. Способы наладки систем рассмотрены в дисциплине «Гидравлическое регулирование современных систем отопления».

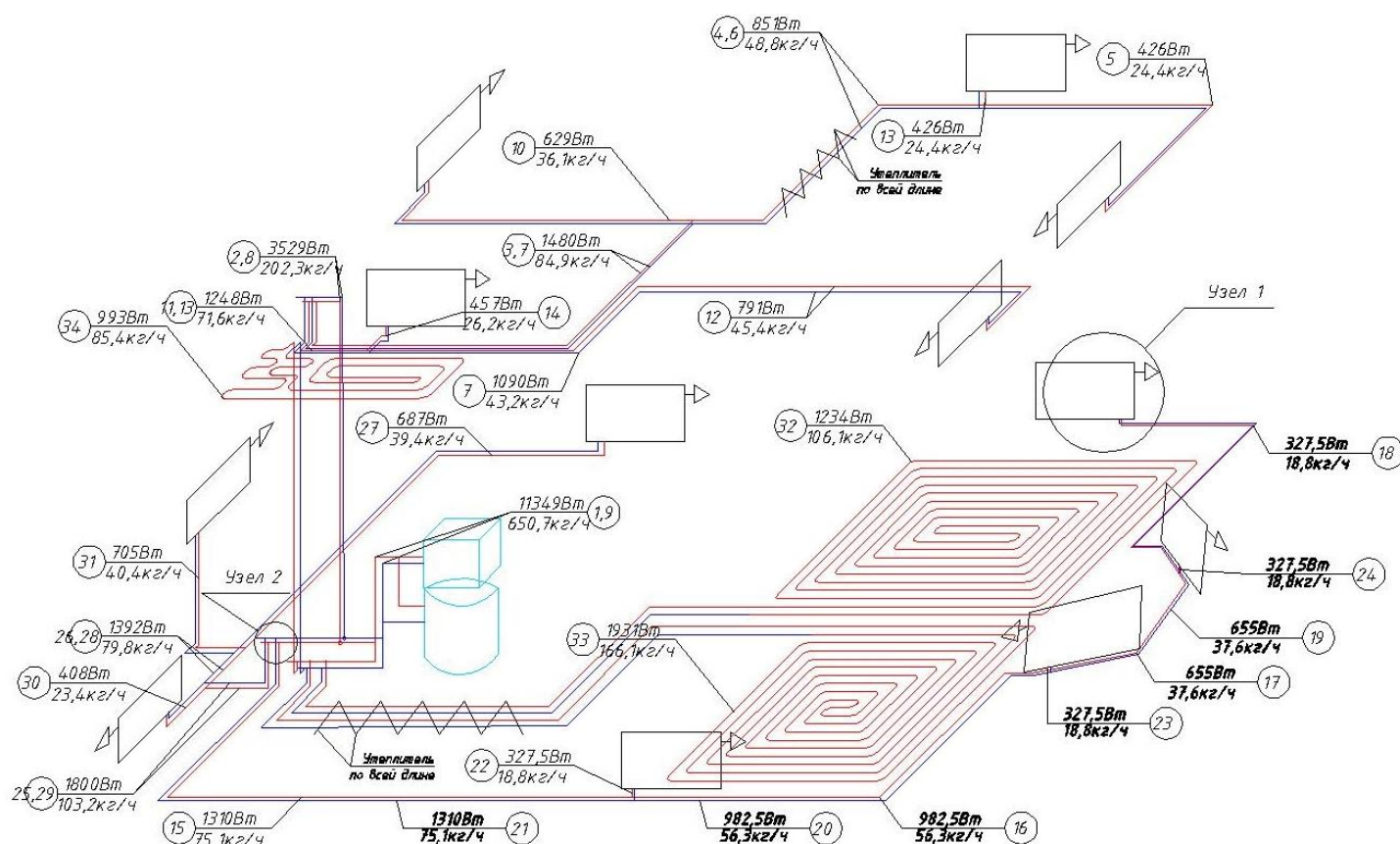
Пример системы водяного отопления для индивидуального дома:

План 1-го этажа с системой отопления



План 2-го этажа с системой отопления





Аксонетрическая схема системы отопления

Воздушное отопление

Системы воздушного отопления рекомендуется использовать в режиме рециркуляции воздуха из жилых помещений или совмещать с приточной вентиляцией при частичной рециркуляции воздуха из жилых помещений.

Для систем воздушного отопления, совмещенных с вентиляцией, должна быть предусмотрена возможность работы в режиме полной рециркуляции при отсутствии в квартире людей. Возможно применение оборудования утилизации теплоты удаляемого воздуха.

Электрическое отопление

По режимам потребления электроэнергии и конструктивному исполнению системы электрического отопления следует подразделять на системы:

- свободного (круглосуточного) потребления электроэнергии;
- периодического потребления или теплоаккумуляционные с основным потреблением энергии в часы «провалов» графика нагрузки энергосистем (целесообразно использовать при наличии двух- и многоставочных тарифов на электроэнергию);

— комбинированные, представляющие собой различные варианты сочетаний перечисленных систем;

— комплексные, представляющие собой различные варианты сочетаний систем электроотопления с системами отопления других типов.

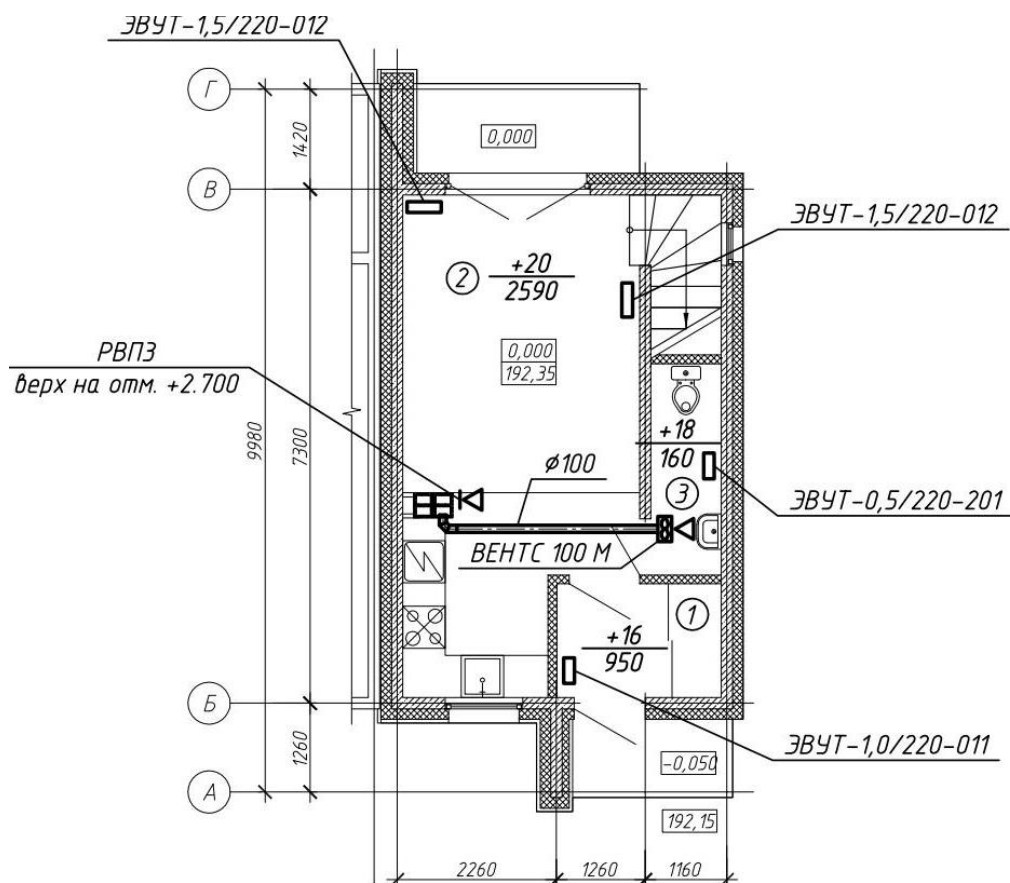
Система электрического отопления со свободным графиком потребления электроэнергии состоит из установленных во всех отапливаемых помещениях электрорадиаторов, электроконвекторов, или электрического теплого пола или потолка, подключаемые к самостоятельной электросети с отдельным электросчетчиком. Температура поверхности электрорадиаторов не должна превышать 95 °С.

При наличии двухставочного тарифа рекомендуется предусматривать комбинированную систему электроотопления с аккумулярованием теплоты в ограждающих конструкциях (преимущественно пола) путем закладки в них базовой группы нагревательных кабелей. При этом аккумуляционная система должна рассматриваться в качестве «фоновой», обеспечивающей до 75 % суточной отопительной нагрузки дома.

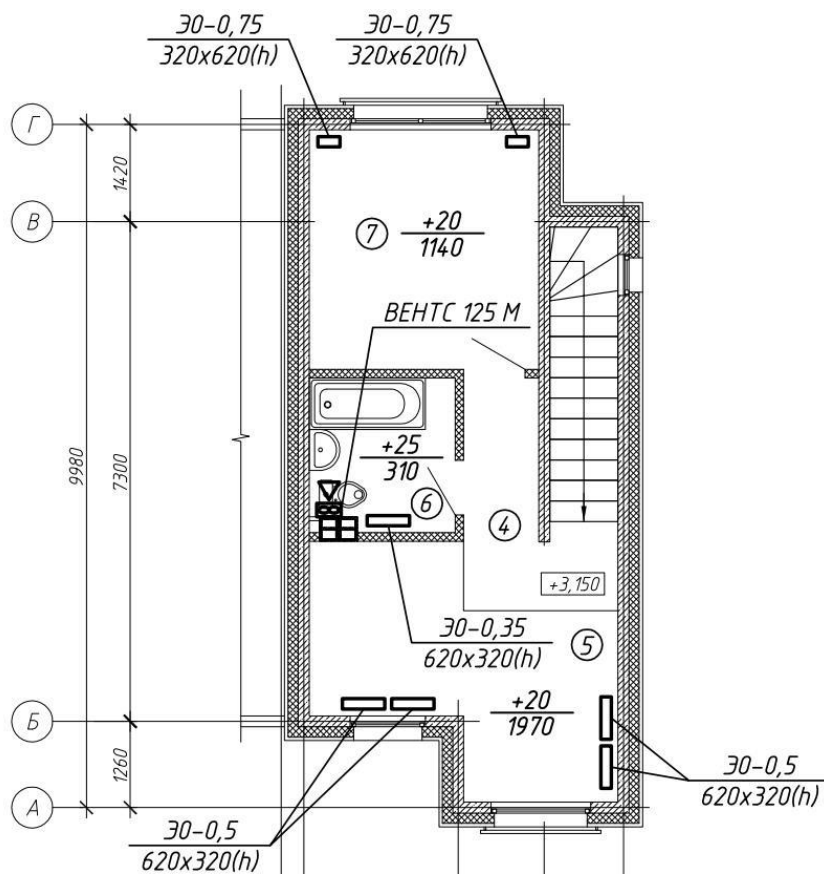
В качестве доводчиков, устраняющих колебания температуры воздуха в течение суток, следует предусматривать установку в отапливаемых помещениях электрических радиаторов, конвекторов или доводочной группы нагревательных кабелей, рассчитанных на компенсацию до 30 % теплопотерь соответствующих помещений.

В соответствии с СН 4.04.01-2019 «Системы электрооборудования жилых и общественных зданий», электрические отопительные приборы (ЭОП) должны быть оснащены встроенным терморегулятором или термовыключателем, а также устройствами для защиты от перегрева.

Пример системы электрического отопления индивидуального дома:



План 1 этажа



План 2 этажа

3. Теплоснабжение индивидуальных жилых домов.

В индивидуальных жилых домах возможно применение одноконтурных (котлы для отопления) или двухконтурных (котлы для отопления и горячего водоснабжения) как настенных, так и напольных теплогенераторов на газовом, жидком и твердом топливе, или электрических.

Учитывая стоимость и удобство пользования чаще всего применяют газовые котлы.

Настенный котел оборудован регуляторами, циркуляционным насосом, предохранительным клапаном, расширительным баком, воздухоотводчиком; в напольном котле этого оборудование нет.

В последнее время увеличивается количество используемых электродов.

3.1 Системы теплоснабжения с двухконтурными котлами

Применение настенного двухконтурного котла с проточным битермическим или пластинчатым теплообменником является самым простым и дешевым решением для теплоснабжения индивидуального дома.

Расчетная потребность в тепловой энергии на отопление для дома с общей площадью до 200 м² редко превышает 15 кВт. В то же время временная потребность в тепловой энергии для приготовления воды системы ГВС составляет около 21 кВт. Поэтому для индивидуального дома в случае применения проточного подогрева горячей воды минимальная мощность котла связана с потребностью в воде ГВС.

Недостатки:

- низкий комфорт во время потребления горячей воды в связи с более длительным временем ожидания (обычно в таком котле не применяется циркуляция в системе ГВС);
- снижение КПД во время эксплуатации и, следовательно, снижение температуры горячей воды, связанное с относительно быстрым отложением накипи в теплообменнике ГВС, особенно в случае, когда подогреваемая холодная вода является жесткой;
- относительно низкая долговечность узла подогрева горячей воды.

Достоинства:

- небольшая стоимость источника теплоты и системы ГВС;
- более низкие эксплуатационные затраты.

Для обеспечения потребителя горячей водой используется работа системы отопления с приоритетом подготовки воды для ГВС.

В котлах с проточным теплообменником приоритет может быть реализован следующим образом:

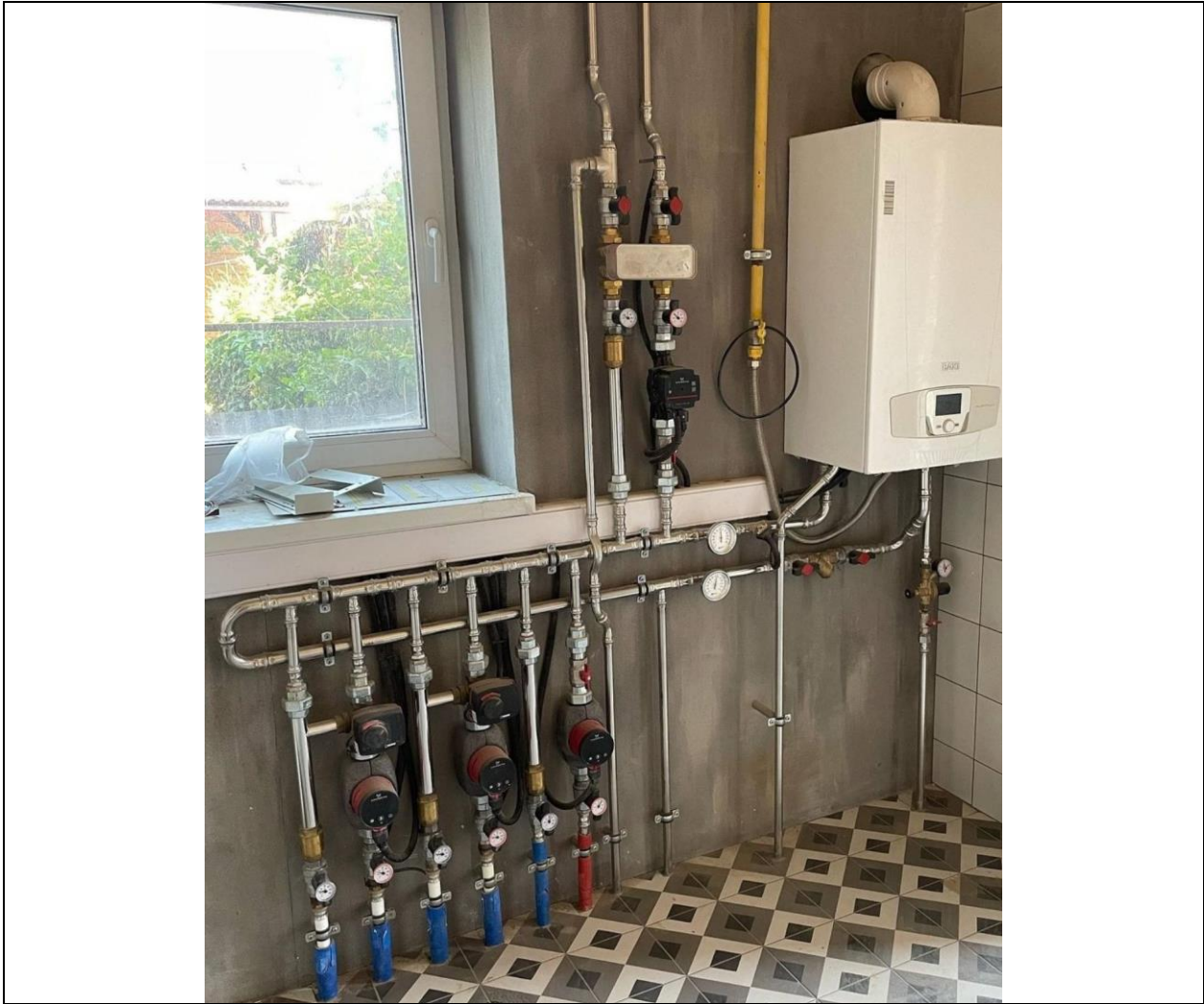
а) путем перекрытия расхода в контуре отопления с помощью переключающего трехходового клапана;

б) путем отключения насоса отопления во время работы узла приготовления горячей воды.

Целесообразно применять котлы с проточным теплообменником, когда котел расположен центрально по отношению к водоразборным точкам горячей воды и на небольшом расстоянии от них.

Примеры обвязки настенных и напольных котлов:





3.2 Системы теплоснабжения с одноконтурными котлами

При значительной потребности в горячей воде, например, при одновременном использовании двух душевых кабин и двух умывальников или большом удалении водоразборных точек от котла, где необходима циркуляция системы ГВС, следует применять одноконтурные котлы с бойлерами косвенного нагрева.

Недостатки: более высокая стоимость источника теплоты, самой системы ГВС и более высокие эксплуатационные затраты.

Достоинства:

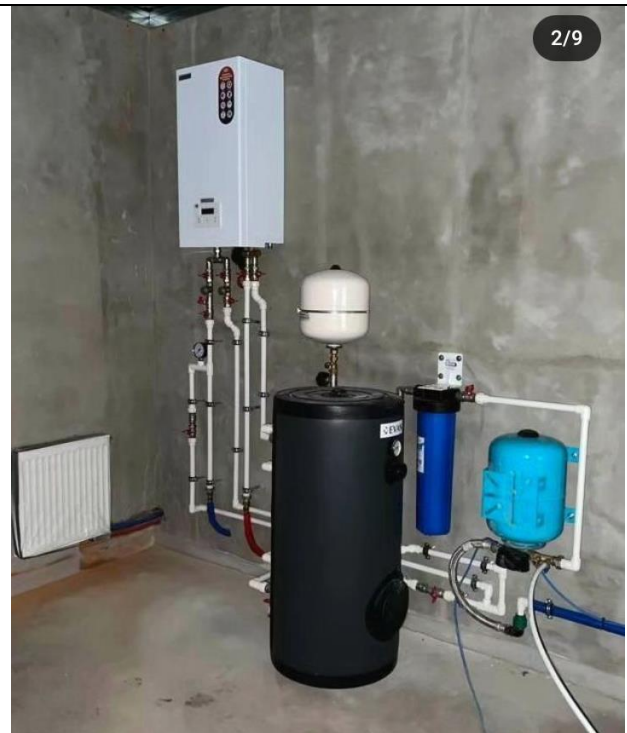
- значительный комфорт в использовании горячей воды в связи с коротким временем ожидания воды с соответствующей температурой;
- возможность одновременного использования нескольких водоразборных точек.

Для обеспечения потребителя горячей водой используется приоритет подготовки горячей воды при помощи трехходового клапана, перекрывающего магистраль системы отопления, в то время, когда в бойлере опускается температура воды ниже допустимой из-за большого разбора воды, т.о. теплоноситель циркулирует только через бойлер.

В случае применения высокоэффективного конденсационного котла, использующего тепло конденсации дымовых газов, следует учитывать, что система отопления должна быть запроектирована с низкими параметрами теплоносителя (например, радиаторная: 55/45 °С, напольная: 40/35 °С), а узел подогрева горячей воды работал, позволяя происходить конденсации в котле.

Примеры обвязки котлов с бойлерами косвенного нагрева:





3.3 Системы горячего водоснабжения (ГВС) индивидуальных домов

В индивидуальном доме возможно применение тупиковых или циркуляционных систем ГВС.

При использовании двухконтурного котла применяется тупиковая система ГВС. В этом случае полотенцесушители подключаются к системе отопления и не работают вне времени отопительного сезона, что создает дискомфорт в ванной комнате. Для устранения этой проблемы возможно применение электрических или электроводяных полотенцесушителей. Наиболее выгодным является применение однопатрубкового присоединения полотенцесушителя с установкой во втором патрубке альтернативного электронагревателя.

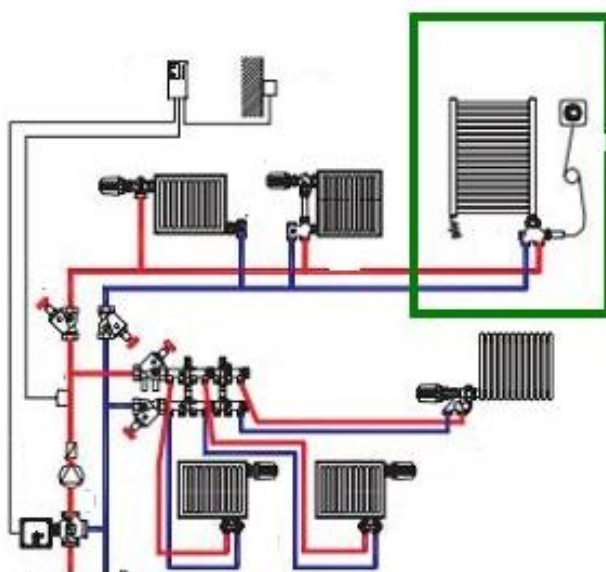


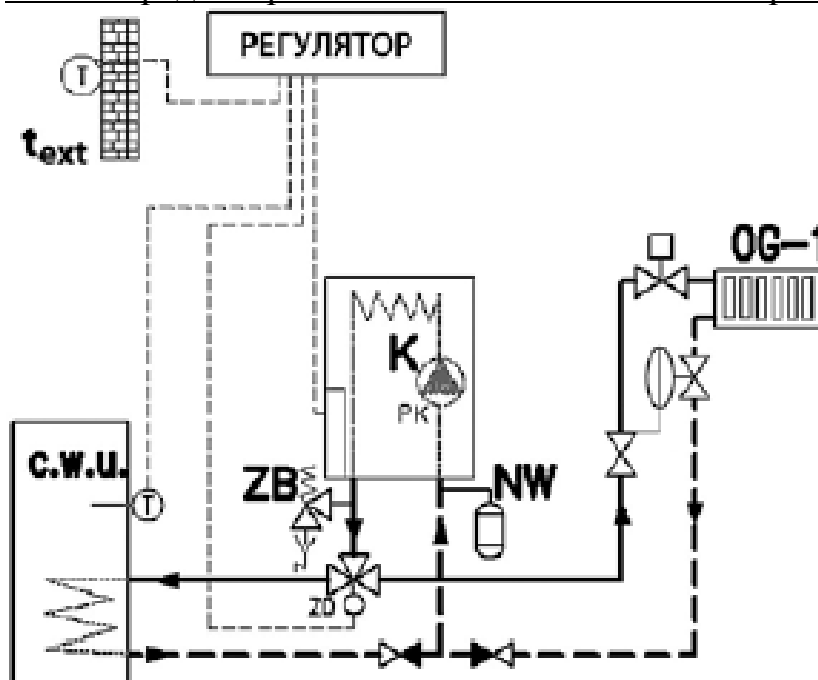
Схема части системы отопления и теплоснабжения индивидуального дома с однопатрубковым присоединением полотенцесушителя с установкой во втором патрубке альтернативного электронагревателя (выделено зеленым прямоугольником)

При использовании одноконтурного котла с бойлером ГВС целесообразно применять циркуляционную систему ГВС.

В качестве циркуляционных насосов целесообразно использовать специальные насосы ГВС для частных домов, имеющие низкое потребление электроэнергии – до 7-10 Вт, а также функцию включения для поддержания необходимой температуры горячей воды, и функцию автоматического составления графика потребления воды в доме и дальнейшей работы по этому графику.

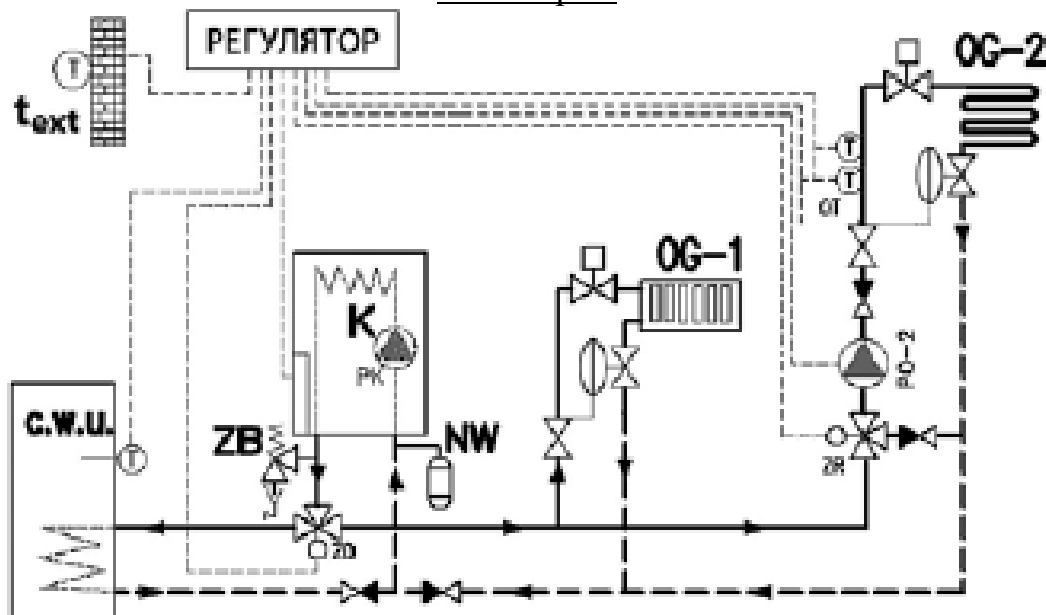
3.4 Гидравлические схемы обвязки систем

Схема с радиаторным отоплением и гвс с бойлером



Встроенные в котел насос PK, расширительный бак NW и предохранительный клапан ZB.

Схема с радиаторным отоплением, смесительным узлом теплого пола и гвс с бойлером



Схема, в которой параметры теплоносителя, поступающего в систему напольного отопления, отличаются от параметров радиаторного отопления. В связи с этим следует спроектировать дополнительный насос PO-2 в контуре напольного отопления. Обратный клапан, расположенный на сме-

сительном трехходовом клапане в контуре напольного отопления, предохраняет от несоответствующего потока теплоносителя через этот клапан, например, при включенном напольном отоплении и одновременной работе радиаторного отопления.

Примеры применения различных схем:

1. Есть дом площадью 180 кв.м. В нем предполагается установить настенный котел 24 кВт.

Система отопления:

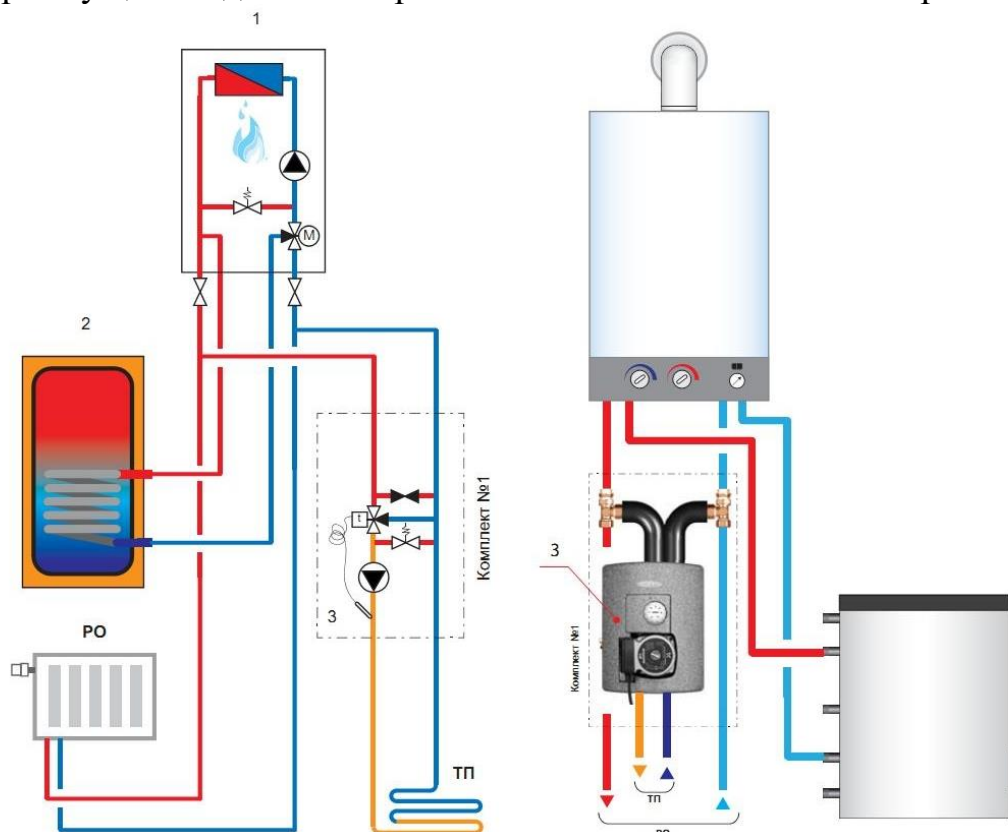
- 1) Радиаторное отопление – 10 кВт.
- 2) «Теплый пол» – 8 кВт.
- 3) Приготовление горячей воды – бак 200 л (приоритет).

Если необходимо организовать контур «теплого пола» с настенным котлом маленькой мощности (до 28 кВт), то для этих целей подходит модульный блок (с термостатическим управлением температуры подающей линии).

Будем считать, что необходимо предложить максимально компактную обвязку котельной (но без дополнительной автоматики, максимально доступно по цене).

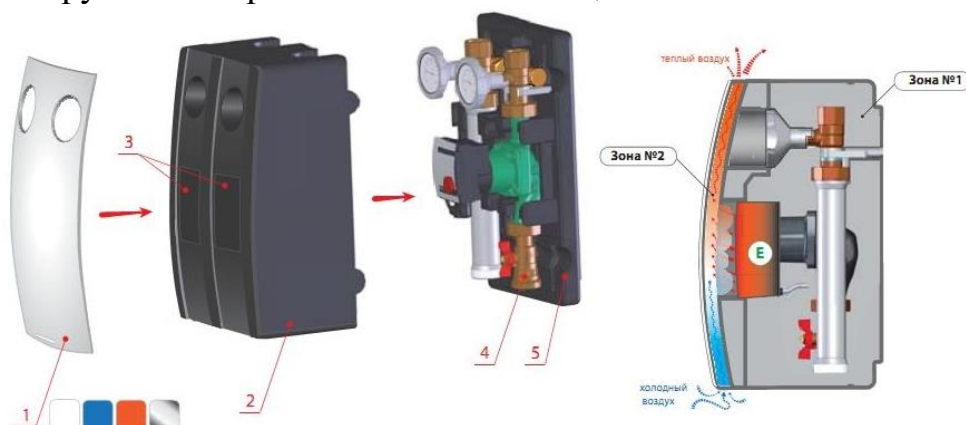
Данный вариант идеально подходит для тех котельных, где предполагается управлять котлом по его внутреннему термостату.

Преимущество данного варианта – низкие капитальные затраты.



1-настенный газовый котел, 2- бойлер косвенного нагрева, 3 – смесительный узел, PO – радиаторное отопление, ТП – теплый пол.

В современных схемах обвязки индивидуальных домов возможно применение под настенными котлами компактных смесительных узлов и насосных групп со сборной тепловой изоляцией.



1 – пластиковая белая крышка; 2 – передняя часть ЕРР-теплоизоляции; 3 – межзональная теплоизоляция; 4 – арматурная сборка; 5 – задняя часть ЕРР-теплоизоляции.

2. Есть дом площадью 180 кв.м. В нем предполагается установить настенный котел 24 кВт. Система отопления предполагается такая же, как в предыдущем варианте. Будем считать, что необходимо предложить максимально компактную обвязку котельной (с максимальным уровнем комфорта работы теплого пола).

Если необходимо организовать контур «теплого пола» с настенным котлом маленькой мощности (до 28 кВт), но при этом стоит задача обеспечить экономное потребление газа и комфортное пользование теплым полом, то для этого подходит узел с погодозависимым регулятором.

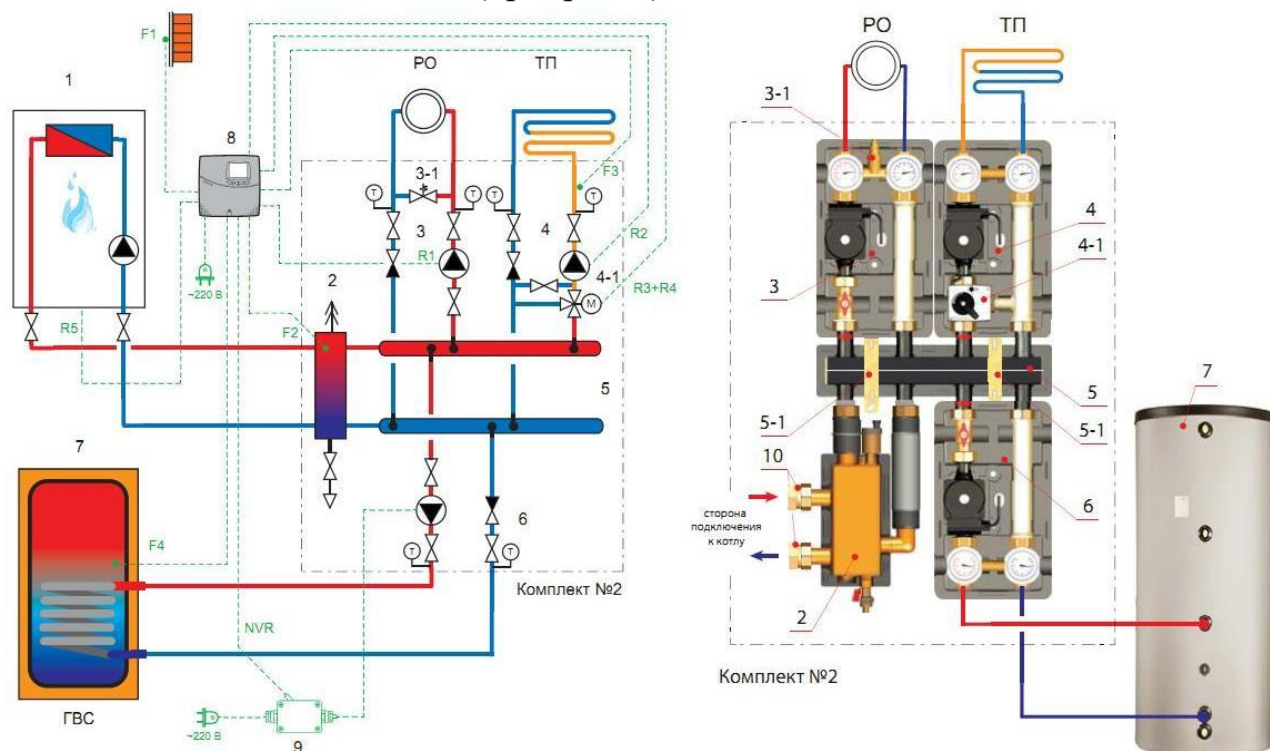
Данный вариант оптимален в том случае, если необходимо высокое качество прогрева «теплого пола» и оптимальное потребление газа в течение всего отопительного сезона.

Преимущество данного варианта – низкие эксплуатационные затраты и переключение режимов теплогенерации без присутствия человека.

Схема, в которой объемный расход воды больше максимального, который является результатом характеристики насоса, установленного в котле. В связи с этим осуществлено гидравлическое отделение контура котла от отопительных контуров с помощью гидравлического разделителя РН. Насос, расположенный в котле, является насосом котлового контура. В каждом контуре системы установлен циркуляционный насос.

3. Имеется настенный котел (45 кВт), который снабжает теплом следующие отопительные контуры:

1. Радиаторное отопление – 30 кВт
2. Теплый пол – 10 кВт
3. Бак ГВС 300 л – 45 кВт (приоритет)

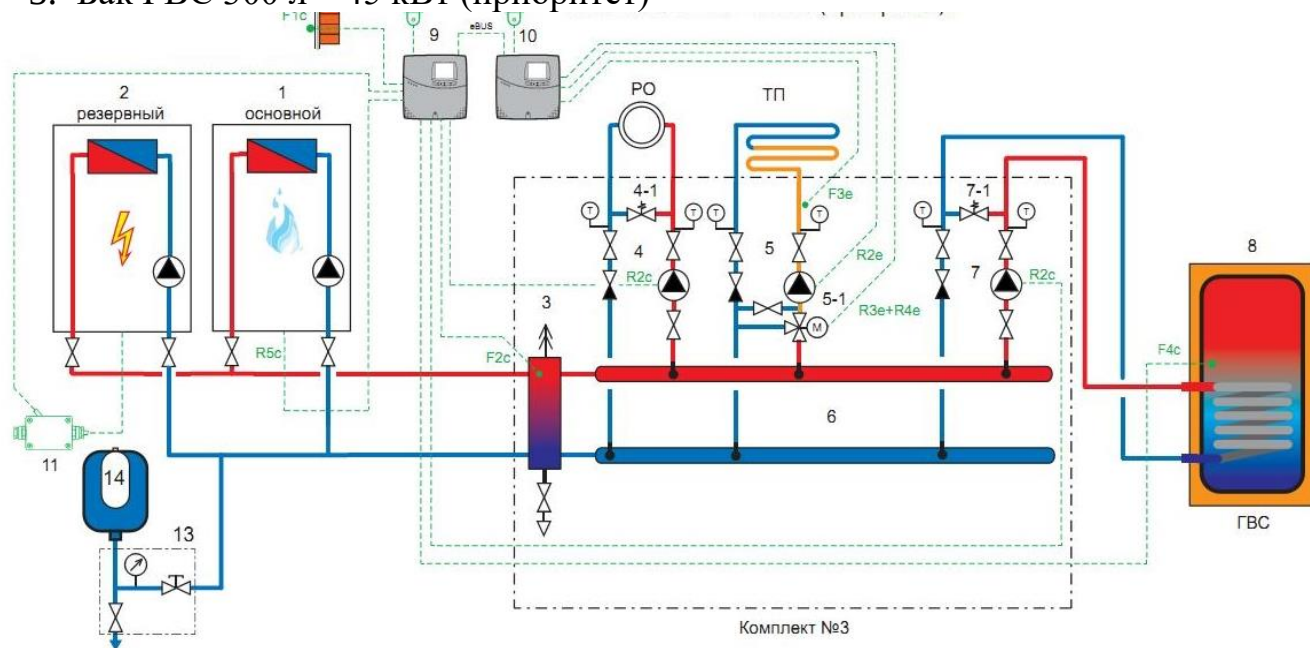


Обозначения: 1 – настенный газовый котел; 2 – гидравлическая стрелка; 3 – контур радиаторного отопления (прямой); 3-1 – перепускной клапан; 4 – контур тёплого пола (смесительный); 4-1 – электрический сервомотор смесителя; 5 – распределительный коллектор на 3 контура; 5-1 – комплект консолей для монтажа распределительного коллектора на стене; 6 – контур загрузки бойлера (прямой); 7 – ёмкостный водонагреватель косвенного нагрева; 8 – погодозависимый регулятор; 9 – реле 12В/220В; 10 – футорка (для удобного соединения гидрострелки с трубопроводами посредством пакли); F1, F2, F3, F4 – датчики температуры.

4. Имеется основной настенный котел (45 кВт) и резервный электрический котел (24 кВт).

Необходимо снабжать теплом следующие контуры:

1. Радиаторное отопление – 30 кВт
2. Теплый пол
3. Бак ГВС 300 л – 45 кВт (приоритет)

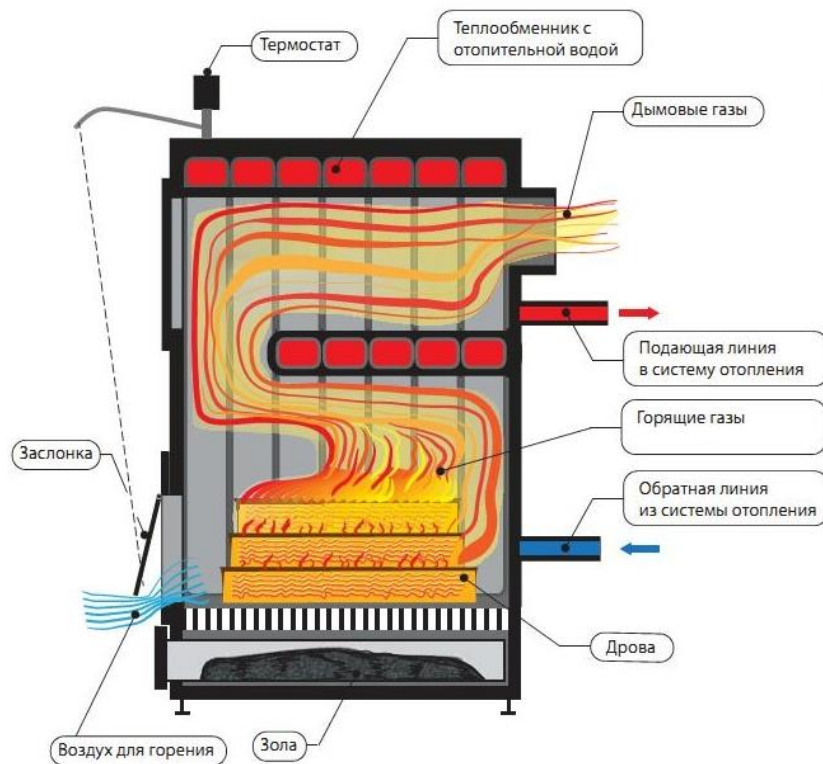


Обозначения: 1 – настенный газовый котёл (основной); 2 – настенный электрический котел (резервный); 3 – гидравлическая стрелка; 4 – контур радиаторного отопления (прямой); 4-1 – перепускной клапан; 5 – контур тёплого пола (смесительный); 5-1 – электрический сервомотор смесителя; 6 – распределительный коллектор на 3 контура; 6-1 – комплект консолей для монтажа распределительного коллектора на стене; 7 – контур загрузки бойлера (прямой); 8 – ёмкостный водонагреватель косвенного нагрева; 9 – погодозависимый регулятор; 10 – погодозависимый регулятор; 11 – реле 12В/220В; 12 – футорка (для удобного соединения гидрострелки с трубопроводами посредством пакли); F1с, F2с, F3е, F4с – датчики температуры; 13 – MAG-вентиль; 14 – расширительный сосуд.

Также, для большей экономичности и надежности теплоснабжения, в таких домах могут устанавливаться несколько источников тепла (газовый, жидкотопливный, твердотопливный или электрический котел, тепловой насос). Пример такой обвязки котельной:



5. Схемы подключения твердотопливных котлов.



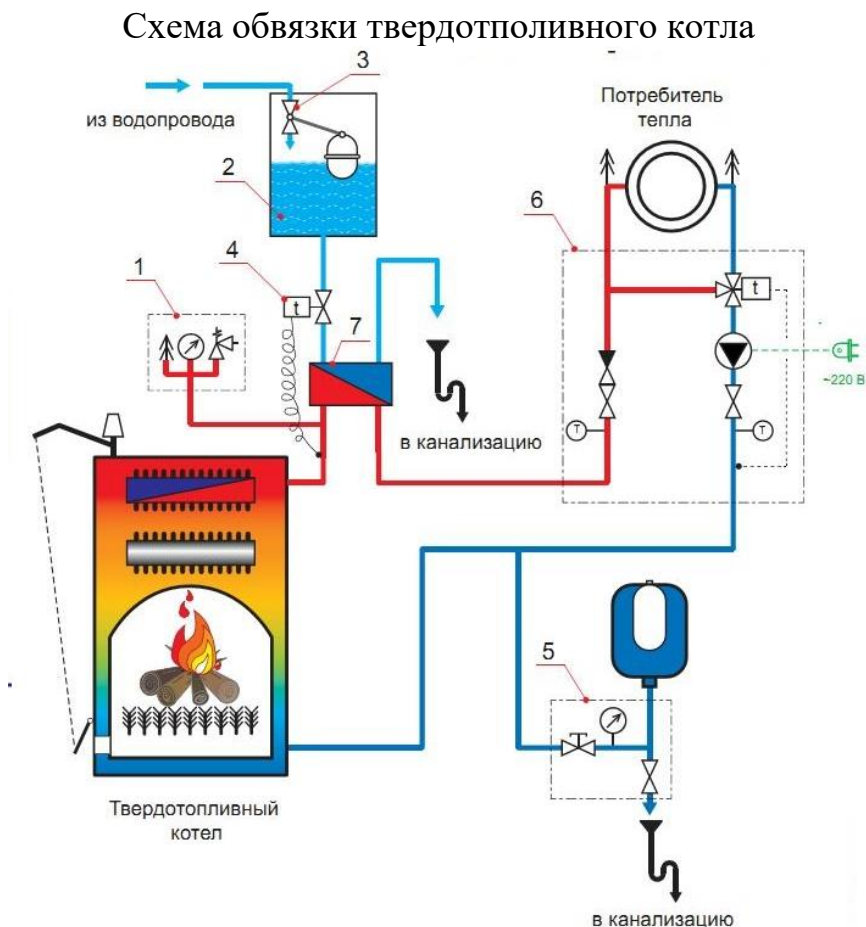
Особенности:

- 1) Необходимо качественное тепло (низкая зольность и влажность).
- 2) Производительность может меняться в диапазоне 60-100%.
- 3) Невозможно полностью остановить горение, если пропал отбор тепла.

4) При открытии заслонки термостатом – падает КПД котла за счет недогара топлива.

5) При температуре теплообменника ниже 55°C из дымовых газов начинает выпадать конденсат, к конденсату будет «приставать» зола. В результате теплообменник быстро забивается, падает производительность котла, дымовые газы начинают поступать в помещение и «прокапчивают» его. Также конденсат вызывает коррозию и уменьшает срок службы котла.

6) Требуется постоянное присутствие обслуживающего персонала на объекте.



Обозначения: 1 – группа безопасности (автоматический воздухоотводчик, манометр, предохранительный клапан); 2 – бак запаса охлаждающей воды (на случай, если нет воды в водопроводе, или пропало напряжение в сети); 3 – поплавковый кран; 4 – термоклапан; 5 – MAG-вентиль (кран с крышкой, сливной кран и манометр в одном блоке); 6 – узел защиты от низкотемпературной коррозии для циркуляции теплоносителя; 7 – охлаждающий теплообменник.

От позиции №7 можно отказаться, если охлаждающий теплообменник встроен в твердотопливный котел.

Узел защиты от низкотемпературной коррозии 6 делит отопительный контур на 2 контура: КК – котловой контур и ОК – отопительный контур.

Отопительная установка условно делится минимум на 3-и зоны:

- 1) КК – котловой контур;
- 2) НК – накопительный контур;
- 3) ОК – отопительный контур с подмесом.

На случай перебоев с электроснабжением необходимо продумать отвод тепла от котла - ведь остановить горение в твердотопливном котле невозможно. Для этого в системе с насосом необходим источник бесперебойного питания с аккумуляторной батареей такого объема, которая позволит обеспечить вынос тепла потребителю на период максимального горения дров.

На подающей линии установить охлаждающий теплообменник 7, через который вода из бака 2 будет охлаждать котел.

Охлаждение контролирует термклапан 4, который будет пускать воду на охлаждение при температуре теплоносителя на выходе из котла 95°C , и отсекает подачу при охлаждении теплоносителя до 60°C .

Бак 2 нужен в том случае, если водоснабжение дома осуществляется от скважины (нет электричества - нет воды).

При наличии коммунального водопровода - бак запаса охлаждающей воды можно исключить из схемы.

В схемах с твердотопливными котлами необходим узел защиты котла от низкотемпературной коррозии, так как при температуре теплообменника ниже 55°C из дымовых газов начинает выпадать конденсат, который приводит к коррозии котла.

Принципиальная схема обвязки с узлом защиты от коррозии



Пока обратная линия котла не нагреется выше граничной температуры 55°C , теплоноситель циркулирует по контуру КК без отбора тепла. Таким образом, котел как можно раньше разогреется до нужной температуры.

Когда обратная линия разогревается выше 55°C , то смеситель на обратной линии приоткрывается, и начинает выпускать тепло потребителю. Данный режим позволяет обеспечивать длительный срок жизни котла и его безаварийную работу.

Недостатки этой схемы:

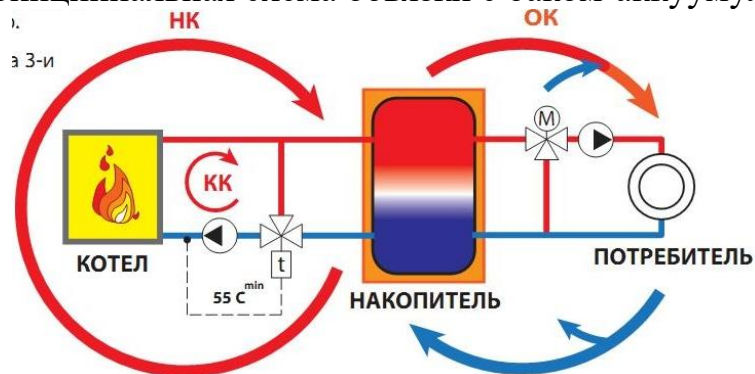
1) В межсезонье, когда требуется частичная нагрузка, котел работает с пониженным КПД.

2) Частая загрузка топлива.

3) Возможны перетопы помещений в межсезонье

Для устранения этих недостатков может применяться схема с баком-аккумулятором.

Принципиальная схема обвязки с баком-аккумулятором



Отопительная установка условно делится минимум на 3-и зоны:

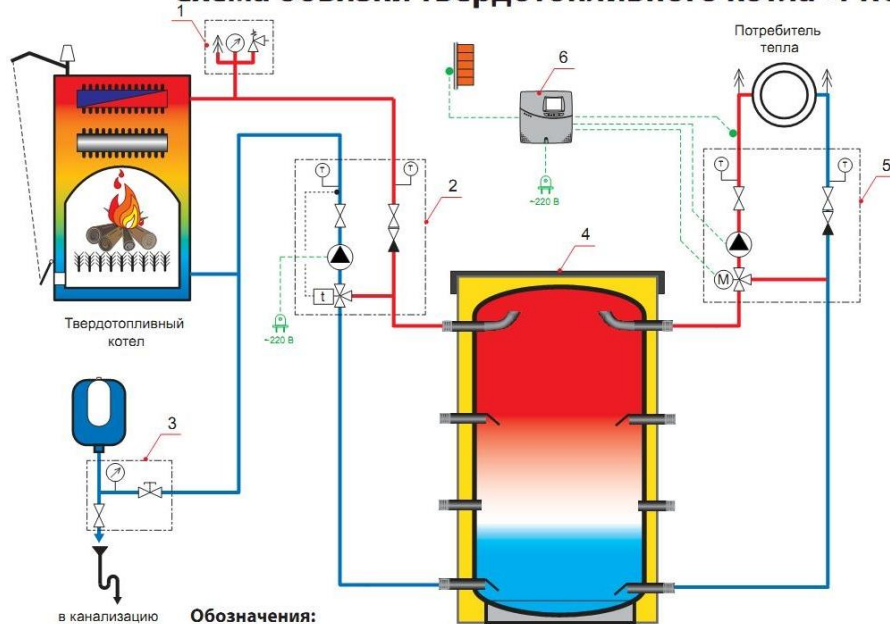
4) КК – котловой контур;

5) НК – накопительный контур;

6) ОК – отопительный контур с подмесом.

Бак принимает все тепло, и позволяет котлу работать на максимальной производительности с максимальным использованием тепла сжигаемого топлива. Это тепло может храниться несколько суток, и забираться потребителем по мере необходимости.

Схема обвязки твердотопливного котла «PROFI»



1 – группа безопасности (автоматический воздухоотводчик, манометр, предохранительный клапан); 2 – узел защиты от низкотемпературной коррозии для циркуляции теплоносителя; 3 – МАГ-вентиль (кран с крышкой, в канализацию); 4 – бак-аккумулятор; 5 – узел защиты от низкотемпературной коррозии для циркуляции теплоносителя; 6 – контроллер.

сливной кран и манометр в одной блоке); 4 – бак-аккумулятор тепла; 5 – смесительный узел подачи тепла потребителю; 6 – погодозависимый контроллер.

Преимущества этой схемы:

1) И в холода, и в межсезонье котёл работает с максимальным КПД: котел сжигает топливо без дефицита воздуха, тепло аккумулируется в баке-аккумуляторе, а уже оттуда поступает потребителю в необходимом объеме.

2) Увеличивается интервал между загрузками топлива.

3) Более комфортный климат в помещении: смесительный узел 5 под управлением регулятора 6 подает на отопление именно ту температуру, которая нужна. Это позволяет избежать перетопов и выброса лишнего тепла через форточку.

4) В дальнейшем возможна комбинация с другими источниками тепла (электродкотел, газовый котел, тепловой насос, гелиосистема и т.д.)

Теплоснабжение потребителя осуществляется через смесительный контур, работа которого управляется погодозависимым контроллером. Это позволяет направлять в отопительные приборы только необходимое количество тепла, для покрытия текущих теплопотерь, а также уменьшает количество технологических теплопотерь через трубопроводы, и уменьшает перемешивание теплоносителя в баке-накопителе.

Таким образом, данная схема позволяет максимально эффективно сжигать топливо, накапливать полученное тепло, и экономно тратить его на отопление.

4. Автоматизированное управление системами отопления и теплоснабжения индивидуальных жилых домов.

Задача. Есть здание, в котором планируется поставить 2 котла:

1) газовый настенный конденсационный котел – 65 кВт

2) настенный электрический котел – 36 кВт

Здание имеет следующих потребителей тепла:

1) Радиаторное отопление (1 этаж) – 10 кВт (нерегулируемое)

2) Радиаторное отопление (2 этаж) – 8 кВт (регулируемое)

3) Радиаторное отопление (3 этаж) – 12 кВт (регулируемое)

4) Тёплый пол – 12 кВт

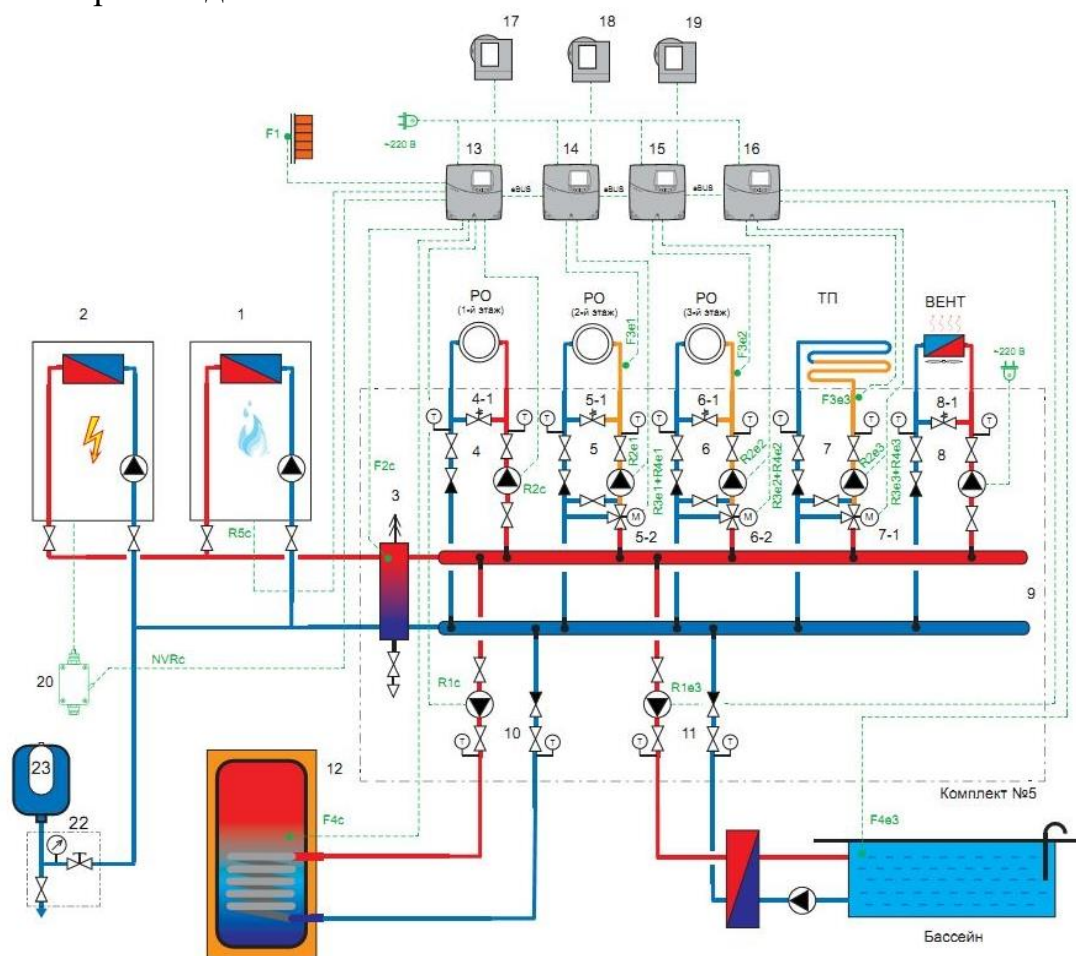
5) Бассейн – 10 кВт

6) Вентиляция – 5 кВт

7) ГВС – бак на 300л

Газовый котёл должен быть основным источником тепла, а электрический котёл – аварийным источником тепла (на случай, если что-то случит-

ся с газовым котлом). Переключение с газового котла на электрический должно происходить автоматически.



1 – настенный газовый котёл; 2 – электрический котёл; 3 – гидравлическая стрелка; 4 – прямой контур радиаторного отопления; 5, 6 – смешительные контуры радиаторного отопления; 4-1, 5-1, 6-1 – перепускные клапаны; 7 – смешительный контур «тёплого пола»; 5-2, 6-2, 7-1 – электроприводы смесителя; 8 – прямой контур вентиляции; 8-1 – перепускной клапан; 9 – распределительный коллектор на 7 контуров; 9-1 – консоли для настенного монтажа коллектора; 10 – прямой контур загрузки бака ГВС; 11 – прямой контур загрузки теплообменника бассейна; 12 – бак ГВС.

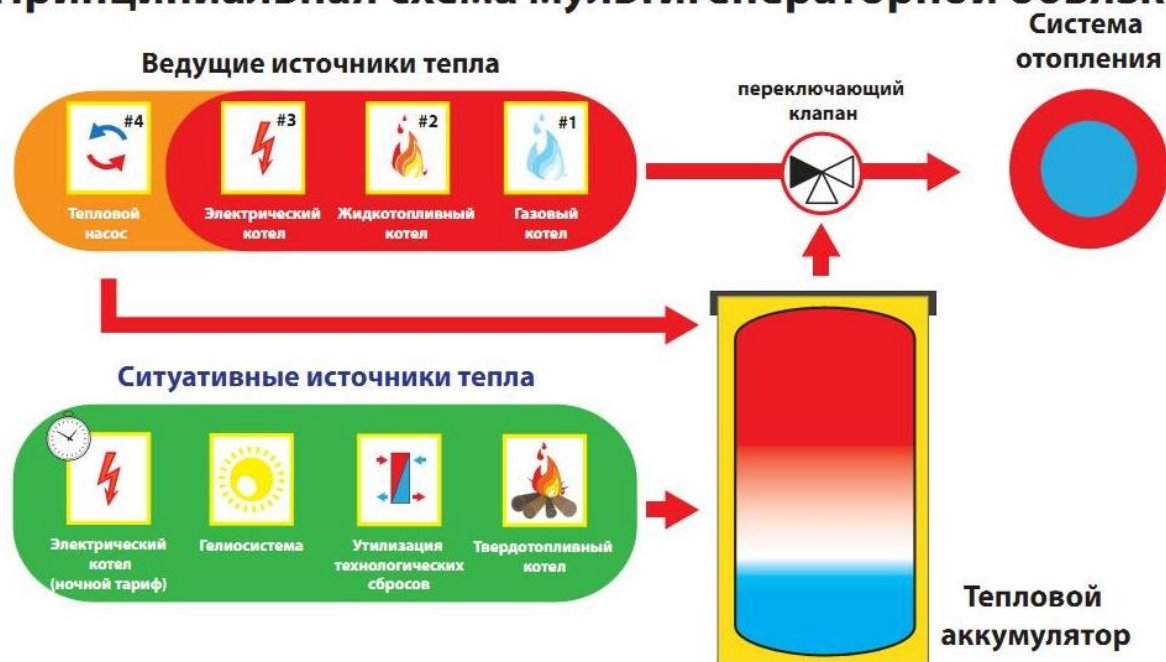
Газовый настенный котёл (1) является основным источником тепла, и он подключён к регулятору (13) на клемму R5c (1-я ступень). Он рассчитан на покрытие 100% мощности отопительной установки. Электрический котёл (2) является запасным (аварийным) источником тепла, и должен включиться тогда, когда упало давление газа в газопроводе, или газовый котёл (1) сломался. Электрический котёл (2) подключён на клемму регулятора (13) NVRc (2-я ступень) через реле (20). Регулятор будет стремиться на датчик F2c подать расчётную температуру, используя 1-ю ступень (газовый котёл). Если его мощности не хватает (температура на F2c отстаёт от расчётной на 20 0C), будет включена 2-я ступень (электрический котёл).

Контуры радиаторного отопления 2-го и 3-го этажей и контур теплого пола являются смесительными, управляются в погодозависимом режиме регуляторами (14, 15, 16). Качество прогрева этажей контролируется комнатными термостатами (17, 18, 19). Бассейн задан на регуляторе (16) как бак-водонагреватель ГВС, либо возможно подключение «сухого контакта» от автоматики бассейна.

В Европе очень популярны мультizonальные системы – системы с несколькими источниками теплоты, особенно тепловыми насосами и гелио-системами.

В зависимости от возможности управления, источники тепла делятся на «ведущие» и «ситуативные». «Ведущие» - это основные источники тепла, которые можно включить и выключить посредством автоматики (например, газовый, жидкотопливный, электрический котлы, тепловой насос и т.д.).

Принципиальная схема мультигенераторной обвязки.



В зависимости от доступности энергоносителя, разные источники можно подключать с соответствующим приоритетом: 1 - газовый котел (или тепловой насос), 2 - электрический (жидкотопливный) котел.

Т.е., вначале решать потребности теплоснабжения отопительная установка будет при помощи котла с приоритетом 1, а если он, почему-то, не смог, то при помощи котла с приоритетом 2.

«Ситуативные» - это вспомогательные источники тепла, которые помогают экономить на основном энергоносителе, но повлиять на их включение при помощи автоматики мы не можем (например, твердотопливный котел – надо чтобы кто-то бросал дрова, гелиосистема - нужно чтобы поя-

вилось Солнце, электродом для ночного тарифа - нужно чтобы наступило соответствующее время).

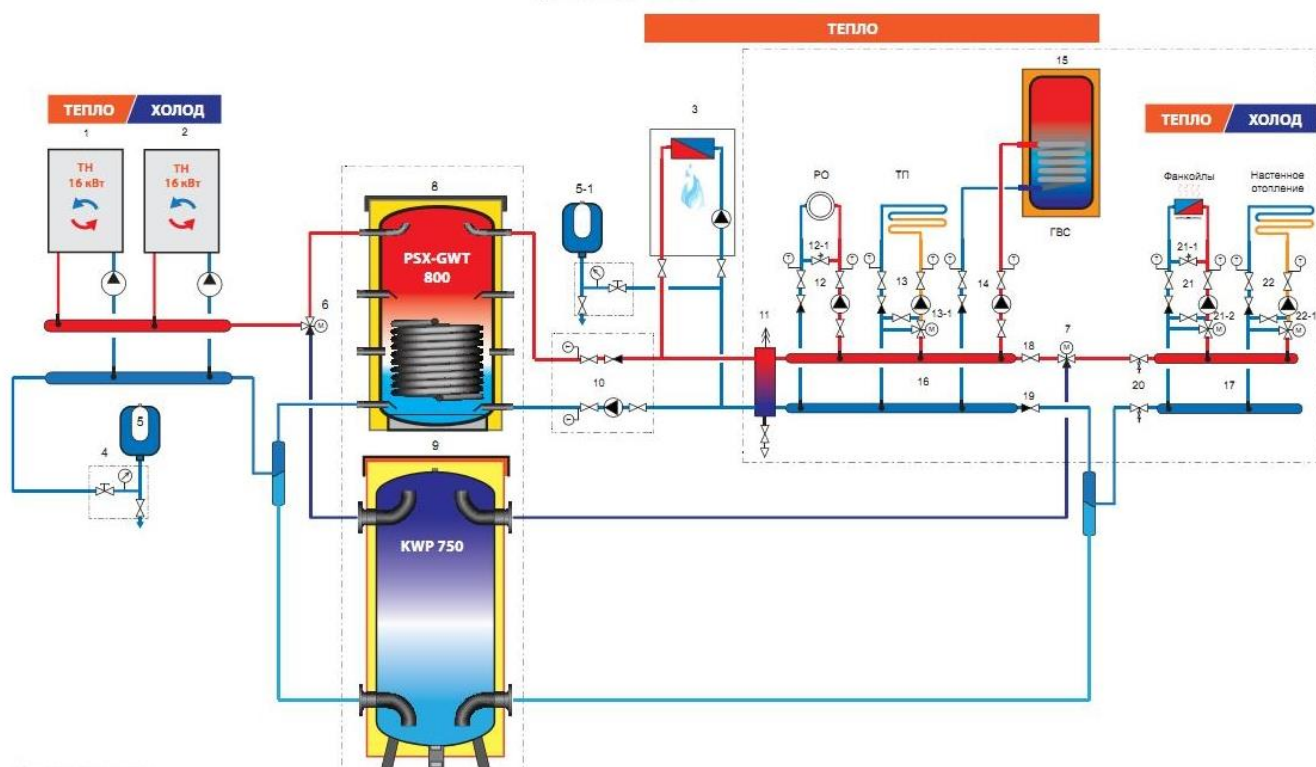
В таких схемах используется тепловой аккумулятор (буферный накопитель), который позволяет собрать тепловую энергию от различных ситуативных источников в разное время, и через переключающий клапан подать накопленное тепло в систему отопления.

Задача: Есть дом площадью 400 кв. м. В доме планируется установить 2 воздушных тепловых насоса по 16 кВт, которые будут работать на отопление, пока температура наружного воздуха не упадет ниже -8°C (температурный график $60/40^{\circ}\text{C}$). Потом должен включиться газовый котел на 65 кВт, который высокотемпературным графиком ($80/60^{\circ}\text{C}$) покроет потребности системы отопления по теплоснабжению в пиковые холода (-24°C).

Также эти тепловые насосы летом должны работать на холод, и переключаться на отопление для приготовления горячей воды.

Потребители тепла:

- 1) Радиаторное отопление – 5 кВт (по теплу)
- 2) Теплый пол – 10 кВт (по теплу)
- 3) Настенное отопление – 10 кВт (по теплу)/8 кВт (по холоду)
- 4) Фанкойлы – 15 кВт (по теплу)/10 кВт (по холоду)
- 5) Бак ГВС – 300 л



Обозначения:

1, 2 – воздушный тепловой насос, мощностью 16 кВт (тепло/холод); 3 – настенный газовый котел; 4 – МАГ-вентиль для подключения расширительного сосуда; 5 – расширительный сосуд (дополнительный либо встроенный в котел); 6, 7 – 3-х ходовой смесительный клапан электроприводом

ST-10R/230, который переключает смесительный клапан в крайние положения; 8 – тепловой аккумулятор PSX-GWT 800 л; 9 – холодоаккумулятор KWP 750; 14 – прямой контур разгрузки буферной ёмкости; 11 – гидравлическая стрелка; 12 – прямой контур радиаторного отопления на базе группы D-UK 1"; 12-1, 21-1 – перепускной клапан; 13 – смесительный контур теплого пола на базе группы МК 1"; 14 – прямой контур загрузки бака ГВС на базе группы D-UK 1"; 9 – бак ГВС серия EBS-PU; 16 – распределительный коллектор на 5 контуров; 17 – распределительный коллектор на контура; 16-1, 17-1 – комплект консолей для настенного монтажа; 18 – шаровый кран с плоским фланцем 1"; 19 – шаровый кран с плоским фланцем 1" с встроенным обратным клапаном; 20 – комплект отсечной арматуры; 21 – смесительный контур фанкойлов на базе группы D-МК 1"; 22 – смесительный контур настенного отопления на базе групп D-МК 1"; 13-1, 20-2, 21-1 – электросервоприводы.

Управление установкой:

Ведущие источники тепла управляются в погодозависимом режиме, т.е., автоматика от них требует минимальную температуру подачи, которая сможет покрыть потребности системы отопления при данной погоде. Если автоматика видит, что в тепловом аккумуляторе температура теплоносителя выше, чем в обратной линии котлового контура, то она поворачивает переключающий клапан, и начинает снабжать систему отопления теплом от ситуативных источников тепла. Пока тепла в тепловом аккумуляторе достаточно, ведущие источники тепла стоят выключенные.

Как только тепло в накопителе исчерпалось, переключающий клапан соединяет систему отопления с ведущими источниками тепла (и их включает автоматика). Включение/выключение ведущих источников тепла, загрузка теплового аккумулятора от ситуативных источников тепла, и подключение/отключение теплового аккумулятора от системы отопления осуществляется автоматически.

Зима. До -8°C все отопление и приготовление ГВС обеспечивают тепловые насосы (1 и 2). Буферная ёмкость (8) обеспечивает отсутствие тактований тепловых насосов в межсезонье, и позволяет теплонасосной установке выходить на оптимальные температурные режимы. Если температура на улице упала ниже -8°C , то тепловые насосы выключаются, и вместо них работает газовый котел (3), который позволяет выходить на высокий температурный график. Это позволяет увеличить мощность отопительных приборов, и обеспечит экономное потребление ресурсов.

Лето. Тепловые насосы работают на холод, снабжая фанкойлы и настенное отопление охлажденным теплоносителем. Это позволяет отказаться от установки дополнительной системы кондиционирования, уменьшает количество инженерных сетей, и обеспечивает более высокий комфорт проживания в доме. Однако они также должны подогревать горячую воду

для санитарных нужд. Для приготовления горячей воды тепловым насосам нужно переключиться на тепло. Для этого клапан (7) отсекает контур холодоснабжения от контура теплоснабжения, а клапан (6) переключают тепловые насосы с холодоаккумулятора (9) на тепловой аккумулятор (8). Поскольку ёмкость теплового аккумулятора больше ёмкости бака ГВС, то он способен принять необходимое количество тепла для нагрева бака ГВС и передавать это низкопотенциальное тепло столько времени, пока бак ГВС не нагреется. Тем временем, запас холода в баке (9) позволит продолжать холодоснабжение помещений даже когда тепловые насосы работают на нагрев ГВС. Когда горячая вода нагрета, тепловые насосы отключаются от системы теплоснабжения, и переключаются на холодоснабжение.

5. Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения.

5.1 Солнечное теплоснабжение

Известно два направления использования солнечной энергии. Наиболее реальным является преобразование солнечной энергии в тепловую и использование в нагревательных системах. Второе направление – системы непрямого и прямого преобразования в электрическую энергию.

Преобразование солнечной энергии в тепловую обеспечивается системами солнечного отопления, которые подразделяют на пассивные и активные. Пассивными называются системы, в которых элементом, воспринимающим солнечное излучение является само здание или его отдельные элементы.

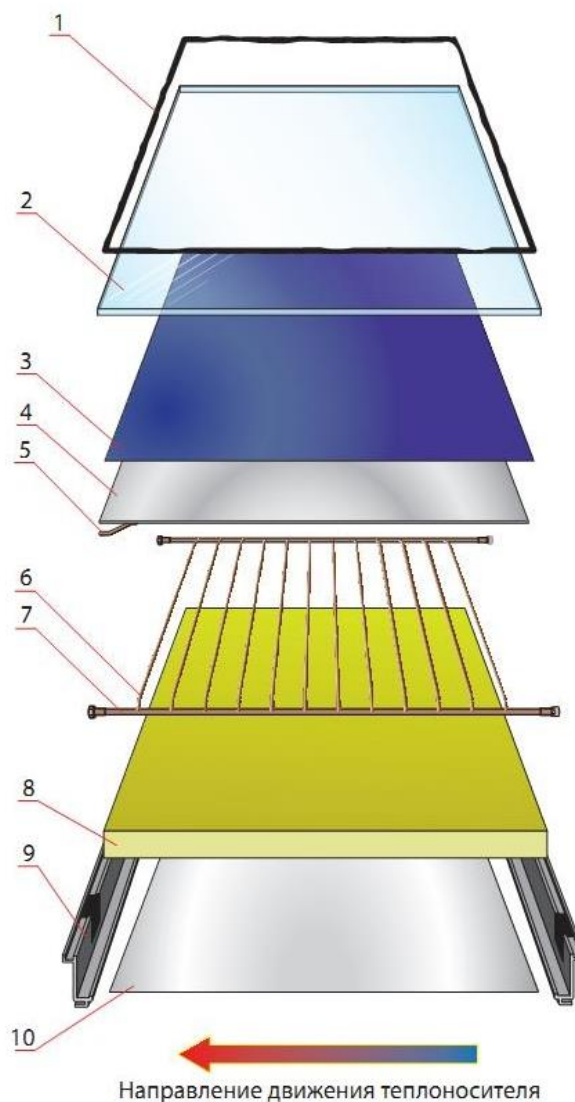
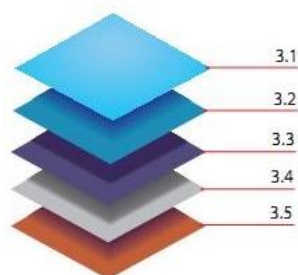
Недостатки пассивной системы солнечного отопления:

1. неравномерное распределение тепла, отказ от солнечной энергии днем.
2. Жарко днем, прохладно ночью.

Активными называются системы солнечного отопления, в которых гелиоприемник (гелиоколлектор) является самостоятельным отдельным устройством. Наиболее применяемые гелиоколлекторы – плоские и трубчатые вакуумные.

Плоские коллекторы.

Поз. 3
Выкоселективное
покрытие



Обозначения:

1. Эпоксидная смола.
2. Ударопрочное стекло высокой прозрачности.
3. Выкоселективное покрытие с низким уровнем эмиссии:
 - 3.1. Защитный слой с низким уровнем отражения.
 - 3.2. Слой с высоким коэффициентом преломления света.
 - 3.3. Абсорбирующий слой.
 - 3.4. Связывающий слой.
 - 3.5. Слой, который отражает инфракрасное излучение.
4. Подложка (алюминиевая для MFK 001).
5. Гильза для датчика температуры Ду 8 мм.
6. Продольная медная теплоотводящая трубка Ду 8 мм, приваренная к подложке лазером таким образом, чтобы обеспечить обмывание подложки теплоносителем (теплообменник типа «арфа»).
7. Сборный коллектор подающей или обратной линий (в солнечном коллекторе их 2 шт.). Слева имеет НГ 3/4" (верх/низ), а справа НР 3/4" (верх/низ).
8. Минвата толщиной 40 мм.
9. Алюминиевая рама коллектора.
10. Подложка из многослойного спрессованного алюминия.

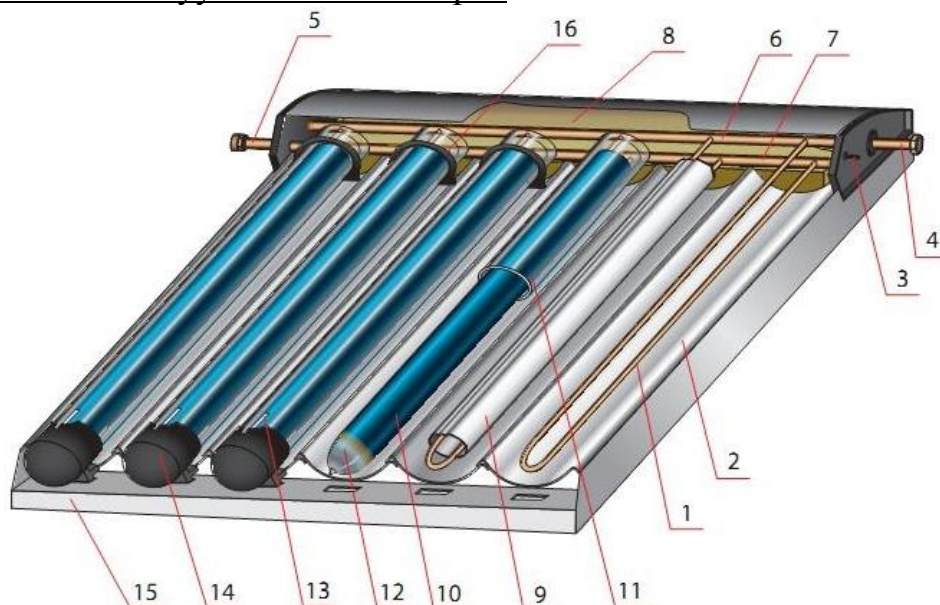
Плоские солнечные коллекторы предназначены для преобразования солнечной энергии в тепловую, и последующую передачу ее в систему отопления. Работают по принципу нагрева черного тела в застекленном теплоизолированном пенале. Устанавливаются только вертикально под углом от 15° до 75°.

Корпус выполнен из алюминия (устойчивый к атмосферным осадкам и коррозии), переднее стекло из ударопрочного стекла высокой прозрачности.

Основные преимущества:

- Обеспечивает существенный вклад тепловой энергии в системы ГВС и отопления при наличии прямого солнечного излучения.
- Может полностью закрыть потребности в ГВС/подогреве бассейна в летнее время.
- Выдерживает атмосферные осадки, ураганные ветры до 120 км/ч, крупный град.
- Позволяет растапливать снежный покров (при наличии такой функции в автоматике).
- Позволяет сбрасывать излишки тепла наружу (при наличии такой функции в автоматике).
- Патрубки коллекторов оснащены подключениями (НГ 3/4" – слева, НР 3/4" - справа) для быстрой увязки между собой коллекторов в ряд и подключения трубопроводов.
- Невысокая капиталоемкость системы.

Трубчатые вакуумные коллекторы.



Обозначения:

1. U-образный теплообменник из медной трубы Ду 8 мм.
2. Сегмент отражателя (нерж. сталь).
3. Гильза для датчика температуры Ду 8 мм.
4. Патрубок подающей линии НГ 3/4".
5. Патрубок обратной линии НР 3/4".
6. Коллектор подающей линии, медная труба Ду 18 мм.
7. Коллектор обратной линии, медная труба Ду 18 мм.
8. Теплоизоляция из минваты.
9. Алюминиевый теплопроводник.
10. Внутренняя стенка вакуумной колбы с высокоселективным слоем.
11. Внешняя стенка вакуумной колбы.
12. Напыление бериллия (обеспечивает помутнение колбы при разгерметизации колбы).
13. Упоры, которые гасят колебания внутренней стенки вакуумной колбы.
14. Пластиковая чашка для фиксации вакуумной колбы к раме.
15. Алюминиевая рама.
16. EPDM-уплотнение.

Вакуумные солнечные коллекторы предназначены для преобразования солнечной энергии в тепловую, и последующую передачу ее в систему отопления. Работают по принципу нагрева черного тела в застекленной колбе, между стенками которой откачан воздух (создан вакуум). Под стеклянной колбой находится зеркальный отражатель, который обеспечивает фокусировку солнечных лучей при прямом и рассеянном солнечном излучении. Устанавливаются только вертикально под углом от 15° до 75°.

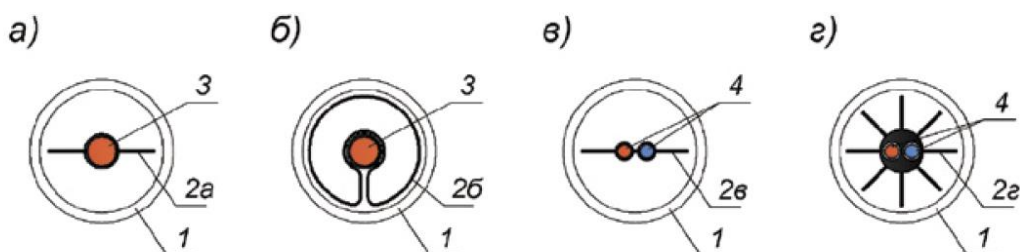
Основные преимущества:

- Обеспечивает существенный вклад тепловой энергии в системы ГВС и отопления при наличии прямого и рассеянного солнечного излучения.

- Может нагревать воду в баке до высоких температур (до 90°C).
- Может полностью закрыть потребности в ГВС/подогреве бассейна в летнее время, а также частично закрыть потребности отопления.
- Выдерживает атмосферные осадки, ураганные ветры до 120 км/ч.
- Цилиндрическая форма стеклянной колбы уменьшает силу удара града, что позволяет коллектору выдерживать мелкий и средний град.
- Каждая вакуумная трубка может быть демонтирована отдельно и заменена на новую.
- U-образная медная трубка теплообменника позволяет снимать с коллектора даже небольшой тепловой потенциал.

Трубчатый вакуумированный гелиоколлектор имеет множество конструктивных вариантов исполнения, в основу которых заложено значительное снижение теплопотерь между тепловым элементом и наружным воздухом за счёт создания вакуума между ними.

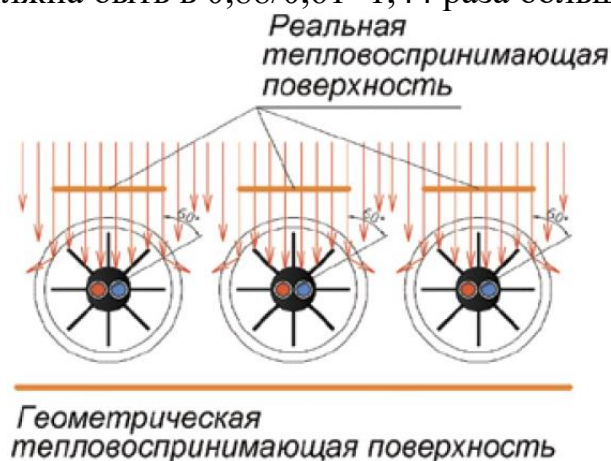
Основным элементом является «трубка», которая состоит из стеклянной колбы с двойным остеклением и вакуумированным зазором, и тепловоспринимающего элемента.



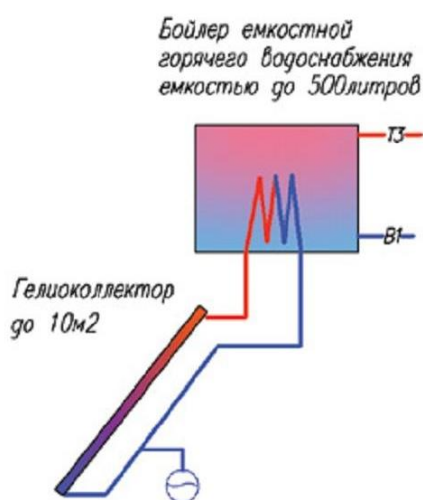
Сечение трубки различного типа вакуумированных трубчатых коллекторов: а), в) – с тепловым плоским элементом; б) – с тепловым цилиндрическим элементом; г) – с тепловым литым элементом из алюминиевого сплава; 1 – колба с двойным остеклением и вакуумированным зазором; 2а, 2в – плоский тепловоспринимающий элемент; 2б – тепловоспринимающий элемент цилиндрического вида с пружинным контактом с тепловой трубкой; 2г – тепловой элемент литой из алюминиевого сплава; 3 – тепловая трубка; 4 – U-образная медная трубка циркулирующего теплоносителя.

Коллекторы рис. 2в, 2г имеют более высокие теплотехнические качества по сравнению с коллекторами рис. 2а, 2б ввиду непосредственного контакта тепловоспринимающего элемента с теплоносителем. Но они имеют более высокую стоимость.

Реальная тепловоспринимающая поверхность трубчатого коллектора значительно меньше его геометрической поверхности. Реальная тепловоспринимающая поверхность трубчатого коллектора составляет 0,60...0,62 от его геометрической поверхности. Для плоских коллекторов это соотношение составляет 0,9...0,85. Таким образом, для получения идентичной тепловоспринимающей поверхности геометрическая поверхность трубчатых коллекторов должна быть в $0,88/0,61=1,44$ раза больше.



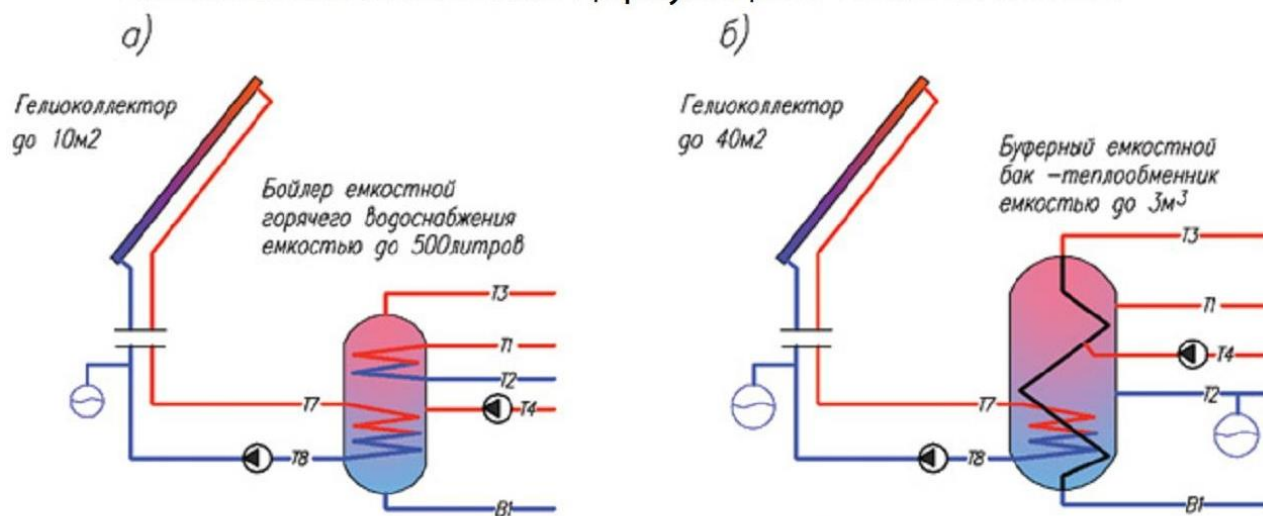
Рассмотрим схемы солнечных систем отопления и ГВС зданий. Самая простая схема – с естественной циркуляцией.



Конструкция небольшой гелиосистемы с естественной циркуляцией теплоносителя в контуре гелиоколлектора – одноконтурная схема с верхним расположением бойлера.

Для климата с отрицательными температурами такая схема неприемлема.

упрощённые схемы небольших и средних
гелиосистем с насосной циркуляцией теплоносителя.



Конструкция небольшой (а) и средней (б) гелиосистем

Небольшие гелиосистемы с гелиоколлектором до 10м² и с аккумулирующим бойлером ёмкостью до 500 литров (рис. а) являются наиболее распространёнными для индивидуального пользования.

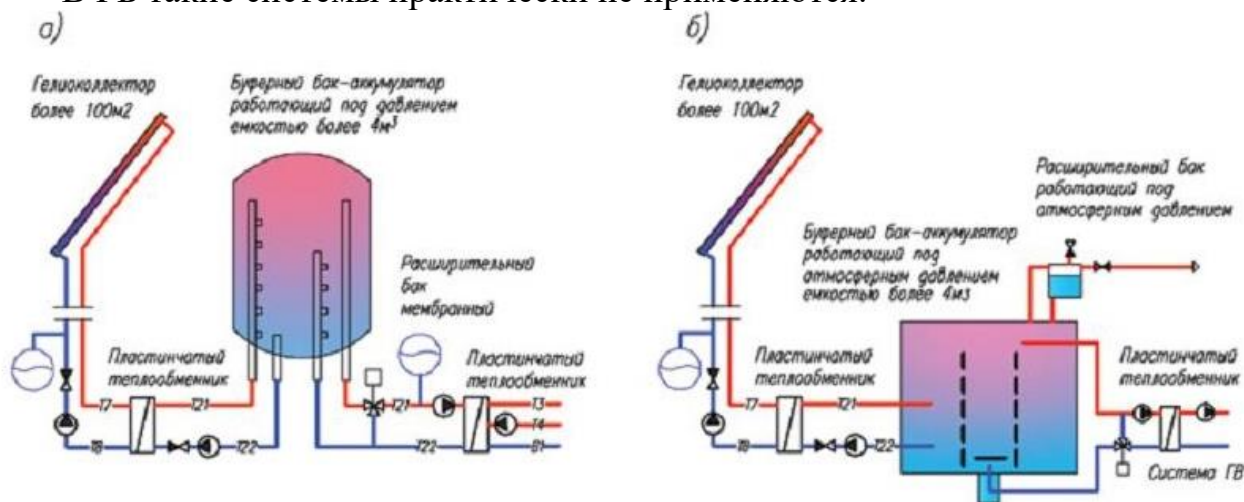
Для средних гелиосистем с гелиоколлектором общей площадью до 40м² требуются аккумуляторы ёмкостью более 500 литров. В этом случае применяют в качестве аккумуляторов так называемые буферные баки ёмкостью до 3 м³, заполненные теплоаккумулирующей деаэрированной водой, от которой теплота передаётся к воде систем ГВС или отопления через трубчатый змеевик-теплообменник, расположенный по всей высоте бака (рис. б). Вода в баке может дополнительно нагревается теплообменным змеевиком контура гелиоколлектора, а также традиционным источником теплоты – водогрейным котлом или от тепловых сетей.

Эти системы широко востребованы фермерскими хозяйствами, гостиницами, применяются для систем горячего водоснабжения небольших предприятий, для офисных зданий и др.

К крупным гелиосистемам относят гелиосистемы с гелиоколлектором общей площадью более $100...200\text{м}^2$. Они принципиально отличаются от средних гелиосистем конструкцией тепловых аккумуляторов, системами автоматического управления и технологией проектирования.

Крупные гелиосистемы применяют для отопления и горячего водоснабжения многоквартирных жилых домов, для систем централизованного теплоснабжения небольшого посёлка, для теплоснабжения промпредприятий.

В РБ такие системы практически не применяются.



Варианты крупной гелиосистемы:

- а) с буферным баком-аккумулятором, работающим под давлением;
- б) с буферным баком-аккумулятором, работающим под атмосферным давлением, и с расширительным баком, работающим под атмосферным давлением.

Для крупных гелиосистем применяют скоростные пластинчатые теплообменники, отделяющие контур гелиоколлектора от контура горячего водоснабжения с помощью промежуточного между ними контура с буферным баком-аккумулятором ёмкостью более 4м³. Крупные гелиосистемы применяют также в сочетании другими возобновляемыми источниками тепловой энергии, что позволяет значительно повысить энергоэффективность систем здания в течение всего года.

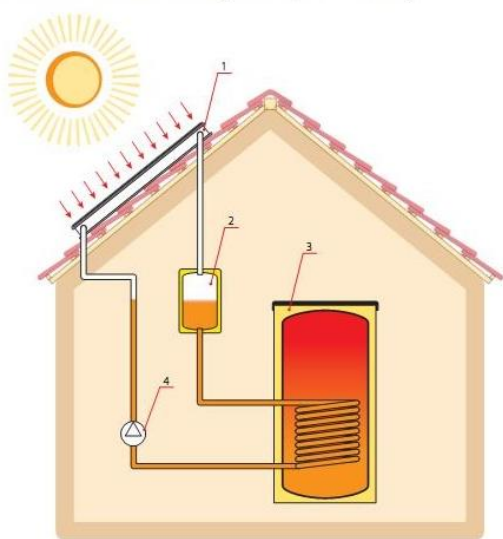
Крупная гелиосистема, в зависимости от конкретных обстоятельств, может иметь два и более буферных бака-аккумулятора. Гелиосистемы с применением одного буферного бака являются экономически оптимальными и более простыми в проектировании и эксплуатации. На рис. приведены в упрощённом виде некоторые варианты крупных гелиосистем с одним буферным баком-аккумулятором.

В европейской практике распространение получили гелиосистемы с буферным баком-аккумулятором, работающим под давлением.

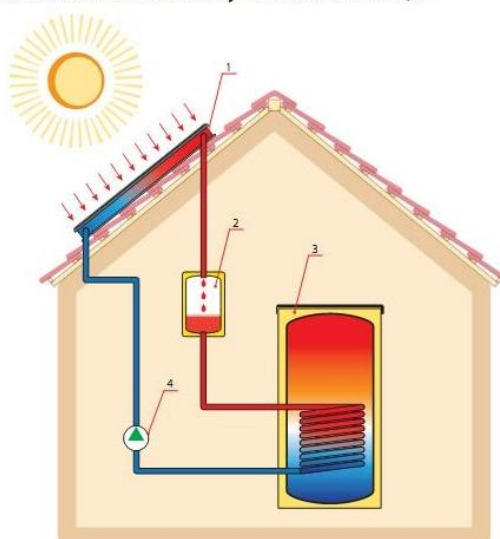
Существуют также солнечная система, которая не боится закипания и не нуждается в утилизации излишков тепла, если в период максимальной солнечной активности нет потребности в тепле.

Состоит из специальных солнечных коллекторов, специальной ёмкости для слива теплоносителя, насосной группы и ёмкостного водонагревателя со встроенным змеевиком.

Если нет потребности в тепле при интенсивном излучении Солнца



Если есть потребность в тепле при интенсивном излучении Солнца



Обозначения:

- 1 - самосливной солнечный коллектор;
- 2 - промежуточная ёмкость для слива теплоносителя;
- 3 - ёмкостный водонагреватель;
- 4 - циркуляционный насос.

Основные преимущества:

- Теплоноситель в состоянии ожидания защищен от перегрева и вскипания при любой интенсивности солнечной радиации.

- Нет необходимости организовывать специальные меры для сброса лишнего тепла из системы, или недопущения его попадания в солнечную систему.
- Вода в ёмкостном водонагревателе не перегревается.
- Большая свобода по совмещению разных по площади солнечных систем с разными по объёму ёмкостными накопителями.
- Система без ущерба переносит перебои с электроснабжением (нет необходимости ставить источник бесперебойного питания).
- Система работает без избыточного давления.
- Отсутствует расширительный сосуд (удешевление системы).

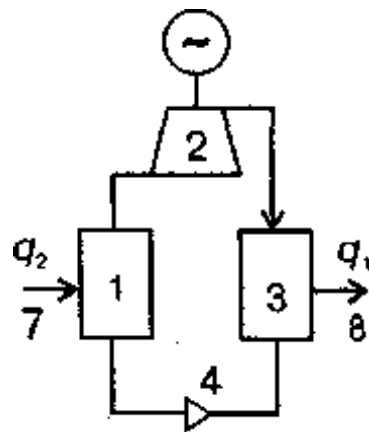
Гелиосистема заполняется теплоносителем не полностью, а по определённый уровень, ниже основания самого нижнего коллектора. На этом уровне устанавливается под крышей специальная промежуточная ёмкость, а в солнечных коллекторах в спокойном состоянии находится воздух. В отличие от пропиленгликоля, он не боится высоких температур. Если автоматика получает запрос по теплу, то она включает циркуляционный насос, он заполняет коллекторы теплоносителем, и начинает перенос тепла из солнечных коллекторов в ёмкостный водонагреватель. В этот момент теплоноситель для заполнения коллекторов выкачивается из промежуточной ёмкости и на его место поступает заполнявший коллекторы воздух. После окончания съёма тепла циркуляционный насос останавливается, и теплоноситель из коллекторов стекает обратно в промежуточную ёмкость, а его место занимает воздух. Эта система - это идеальное решение для приготовления горячей воды в дачных домах, частных коттеджах и прочих объектах, где отсутствует системное потребление горячей воды.

5.2 Тепловые насосы

Тепловые насосы (ТН) - один из самых перспективных классов экологически чистого энергосберегающего отопительного оборудования. Тепловые насосы – это устройства, отбирающие тепловую энергию от среды с низкой температурой и передающие ее среде с более высокой. Тепловые насосы принципиально аналогичны холодильным установкам, но конструктивно несколько отличаются от них. Размеры обычного ТН не превышают размеров бытового холодильника.

Тепловой насос – это установка, которая сама не производит энергию, но позволяет использовать низкопотенциальное тепло от грунта, подземных вод, воздуха и прочих источников для нагрева высокопотенциальных теплоносителей (максимум до 55-60⁰С).

Основными элементами установки является конденсатор, дроссель, испаритель, компрессор.

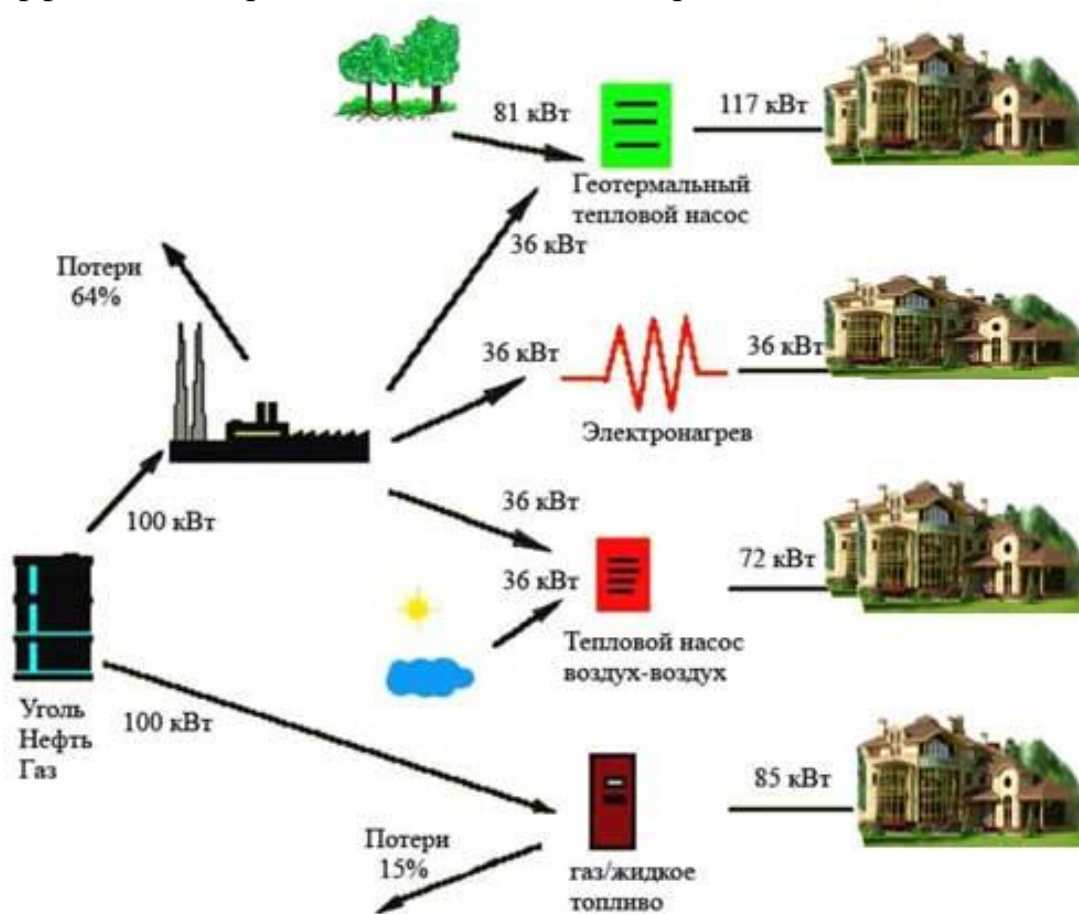


Устройство ТН

В теплообменнике-испарителе 1 при низком давлении и, следовательно, при низкой температуре происходит испарение (кипение) фреона за счет тепла низкопотенциального источника тепловой энергии 7, от которого при этом отбирается количество тепла q_2 . Пары фреона отсасываются и сжимаются компрессором 2, при этом рабочему телу (фреону) сообщается энергия, затрачиваемая компрессором. Пары затем поступают в теплообменник-конденсатор 3, где фреон конденсируется при более высоком давлении, создаваемым компрессором, а следовательно, при более высокой температуре. При конденсации отбирается тепло от рабочего тела, это производится теплоносителем в системе отопления или ГВС 8 (он холоднее конденсирующегося фреона), этот теплоноситель отбирает от фреона количество тепла q_1 . Жидкий фреон затем поступает в дроссель 4 (это тонкое отверстие), давление резко снижается. В испаритель фреон поступает с низким давлением, и цикл повторяется.

Эта схема может выполнять две задачи: охлаждать или нагревать объект. Устройства, предназначенные для отбора тепла от тел с низкой температурой, называются холодильниками (кондиционерами); устройства, передающие тепло телам с более высокой температурой, называются тепловыми насосами, т.е. название агрегата зависит от функции.

Эффективность различных источников энергии:



К преимуществам тепловых насосов, в первую очередь, следует отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2-0,35 кВт·ч электроэнергии.

Тепловые насосы характеризуются коэффициентом преобразования, или отопительным коэффициентом - это отношение теплоты, полученной в результате преобразования и переданной тепловому телу, к количеству затраченной энергии.

Обычно он колеблется в различных системах от 2,5 до 5, т. е. на затраченный 1 кВт электрической энергии насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой. При этом экономия электроэнергии может достигать 70%.

Отопительный коэффициент во многом зависит от системы отопления, для которой поставляет тепло тепловой насос: чем меньше расчетная температура теплоносителя, тем больше эффективность теплового насоса. Низкотемпературное отопление (теплый пол, теплые стены) и тепловой насос - это наиболее эффективное сочетание.

Источником низкопотенциальной энергии может быть грунт, открытый водоем, воздух, сточные воды и др. Внешний контур, собирающий тепло окружающей среды, представляет собой полиэтиленовый трубопровод (ПНД) обычно диаметром около 40 мм, уложенный в землю или в воду.

Теплоноситель – часто 30% раствор этиленгликоля (либо этилового спирта).

Земляной контур

При использовании в качестве источника тепла участка земли трубопровод зарывается в землю на глубину промерзания грунта. Минимальное расстояние между соседними трубопроводами - 0,8 -1,2 м. Специальной подготовки почвы, засыпок и т.п. не требуется.

Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода, 20 - 30 Вт.

Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходим земляной контур площадью около 400-600 кв. метров. При правильном расчете контур, уложенный в землю, не оказывает влияния на садовые насаждения, и участок может использоваться для выращивания культур.

Земляной контур можно выполнить в виде скважины, в которую опущены трубы контура. Не обязательно использовать одну глубокую скважину, можно пробурить несколько не глубоких, более дешевых скважин, главное получить общую расчетную глубину. На 1 метр скважины приходится 50-60 Вт тепловой энергии. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной 170-200 метров.

Вода открытых водоемов

При использовании в качестве источника тепла воды ближайшего водоема, реки контур укладывается на дно. Этот вариант является идеальным с любой точки зрения: короткий внешний контур, «высокая» температура окружающей среды (температура воды в водоеме зимой всегда положительная), высокий коэффициент преобразования энергии тепловым насосом. Главное условие - водоем должен быть проточным и достаточным по размерам. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода, 30 Вт. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 333 метра. Для того чтобы трубопровод не всплывал, на 1 погонный метр трубопровода устанавливается около 5 кг груза.

Воздух

ТН с воздушным контуром при снижении температуры наружного воздуха имеет эффективность все ниже и ниже и, начиная с температуры наружного воздуха 00С, ступенями подключает электрические ТЭНы, так как отопительный коэффициент сильно снижается. Таким образом, это наименее эффективный ТН.

ТН может работать и на охлаждение в 2 режимах.

Пассивное охлаждение. При пассивном охлаждении компрессор теплового насоса не работает, и теплоноситель просто циркулирует между

скважиной и фанкойлами. Таким образом, холод из скважины напрямую поступает в систему кондиционирования.

Активное охлаждение. Если пассивного охлаждения не достаточно, в системе кондиционирования используется холод, производимый тепловым насосом. При этом автоматически включается компрессор теплового насоса, и теплоноситель из скважины дополнительно охлаждается тепловым насосом.

Возможны следующие виды применения ТН:

Моновалентный (только тепловой насос). Тепловой насос является единственным генератором тепла, и покрывает 100% потребности тепла. Пригодны для рабочих температур до макс. 55°C.

Бивалентный (тепловой насос и котел) или моноэнергетический (тепловой насос и электрический контактный нагреватель).

В настоящее время в основном используются парокомпрессионные насосы, однако применяются также абсорбционные, электрохимические и термоэлектрические.

Размеры обычного ТН не превышают размеров бытового холодильника.

Достоинства ТН:

1. значительная экономия за счет использования тепловой энергии низкопотенциального источника теплоты.

2. возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом: вместо радиаторов к внешнему коллектору подключаются фанкойлы или системы «холодный потолок».

Недостатки: высокая стоимость оборудования.

5.3 Особенности проектирования низкотемпературной системы отопления

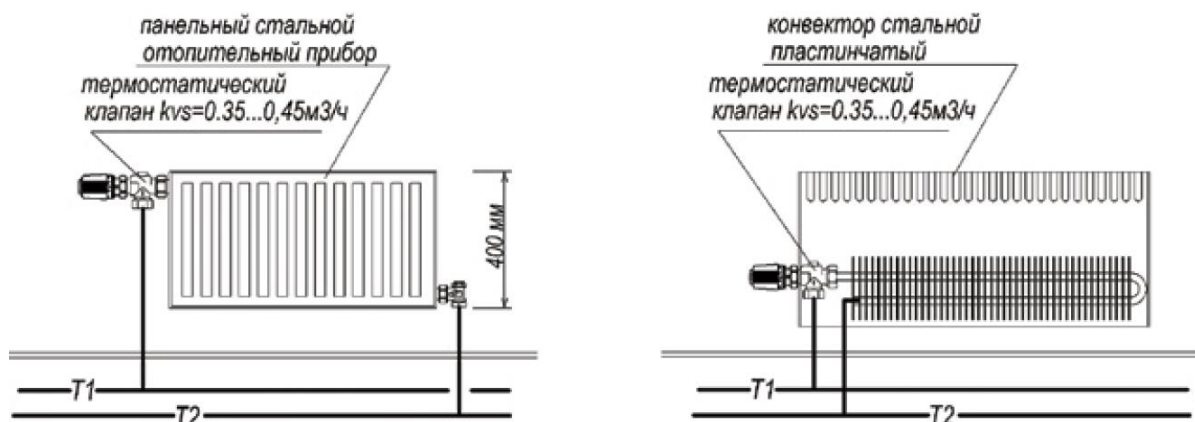
При проектировании низкотемпературных систем отопления следует учитывать следующие рекомендации:

1. Исключается применение однотрубных систем. Следует проектировать двухтрубные системы отопления;

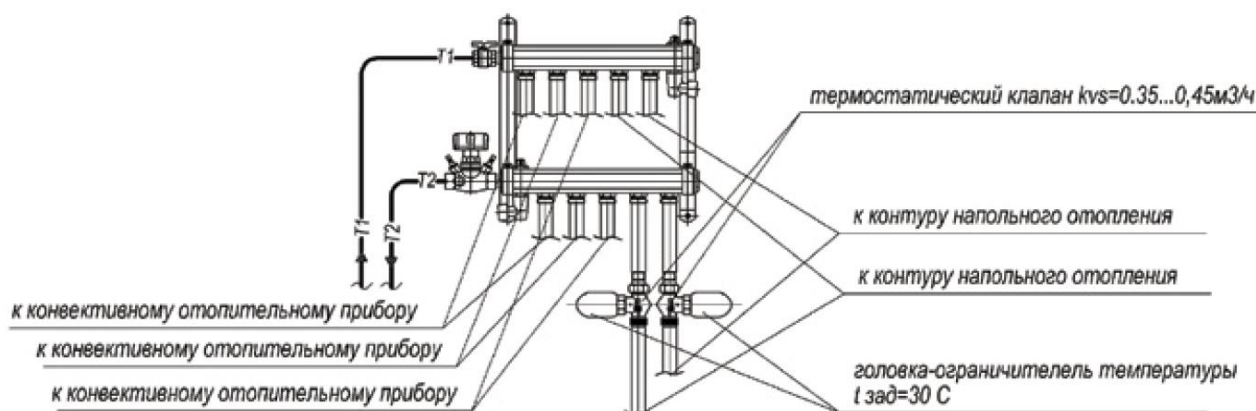
2. Расчетные расходы теплоносителя при прочих равных условиях в сравнении с традиционными водяными системами в 2...3 раза выше. При этом, в случае возникновения эксплуатационного разбаланса в системе из-за несанкционированного вмешательства жильцов, возникают более значимые дискомфортные явления в сравнении с традиционными системами.

3. Требуемые поверхности нагревательных приборов почти в 2 раза больше, поэтому следует применять пластинчатые конвекторы или стальные плоские радиаторы высотой более 400 мм с расположением термостатического клапана с жидкостным датчиком или с датчиком с твердым наполнителем ближе к полу. Отопительные приборы следует оборудовать термостатическими клапанами со встроенной задаваемой предустановкой

пропускной способности, но при значении k_{vs} в пределах $0,35 \dots 0,45 \text{ м}^3 / \text{ч}$, что в сочетании с правильно подобранным циркуляционным насосом исключает нарушение работы в системе при любых вмешательствах жильцов в гидравлику системы.



4. Напольное отопление и конвективное отопление квартиры предлагается подключать к единой распределительной гребёнке.



5. Напольное отопление комнат следует применять нерегулируемое по теплоотдаче в сочетании с регулируемым конвективным, задаваясь нагрузкой напольного не более 50% от расчетной. На обратном трубопроводе каждого контура напольного отопления следует устанавливать термостатический клапан (в разрыв трубы без контакта с гребёнкой) с ограничителем температуры теплоносителя при «уставке» примерно на 30°C .

6. В случае отказа от проектирования напольного отопления следует сохранить указанную на рисунке обвязку квартирного распределителя, представив, таким образом, каждому застройщику при желании возможность самостоятельного изготовления системы напольного отопления с присоединением к своему квартирному распределителю.

[вернуться к оглавлению](#)

II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа №1

Изучение работы системы водяного отопления с естественной циркуляцией и электрическим котлом.

Лабораторная работа №2

Изучение конструкции и исследование работы системы водяного отопления индивидуального жилого дома радиаторами и теплым полом.

Лабораторная работа №3

Исследование различных способов автоматизированного управления современными системами водяного отопления индивидуальных жилых домов.

Лабораторная работа №4

Изучение устройства и исследование работы водо-водяного парокомпрессионного теплового насоса.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОТОПЛЕНИЕ И
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И
ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» НА ТЕМУ «ОТОПЛЕНИЕ И
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА»**

- 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**
- 2. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯМИ**
- 3 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

3.1 Конструирование системы напольного отопления

3.2 Конструирование радиаторной системы отопления

- 4 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

4.1 Тепловой расчёт тёплого пола

4. 2 Тепловой расчет радиаторной системы отопления

- 5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ**

5.1 Гидравлический расчет теплого пола

5.2 Гидравлический расчет системы водяного отопления

6. ВЫБОР СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

ЛИТЕРАТУРА

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА η_1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 - РАСЧЕТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И
КРАТНОСТЬ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО
ВОЗДУХА

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – ДОПУСТИМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ
ПОЛА

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – ТЕПЛОВОЙ ПОТОК ОТ ТРУБ ТЕПЛОГО ПОЛА

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КЛАПАНОВ VALTES

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 – ПЛОТНОСТЬ И ТЕПЛОЁМКОСТЬ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 – ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА
ТРУБ

ПРИЛОЖЕНИЕ 10 – КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

ПРИЛОЖЕНИЕ 11 – ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ И
ЗАПОРНЫХ КЛАПАНОВ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа №1

Изучение работы системы водяного отопления с естественной циркуляцией и электрическим котлом.

Цель работы: опытное определение естественного давления и скорости циркуляции теплоносителя, построение гидродинамической характеристики системы отопления, изучение принципа работы электродного котла.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время в Республике Беларусь стимулируется использование электрической энергии для целей отопления. Для отдельно стоящих небольших сельскохозяйственных объектов или индивидуальных домов, например дачного типа, в ряде случаев актуально использование недорогих систем отопления с естественной циркуляцией теплоносителя с использованием электродных котлов.

Описание электродного котла.

Электродный котел - устройство для отопления помещений, которое генерирует тепло путем использования эффекта Джоуля в электрических резистивных нагревательных элементах.

Для штатной работы электродного котла необходимо, чтобы жидкость имела требуемую удельную электрическую проводимость (УЭП). Например для котлов ЗАО «Фирма «Галан» УЭП должна быть в пределах 250 – 280 МК Сименс/см при температуре 20°C. Измерить удельное сопротивление можно прибором – кондуктометром. Удельная электропроводимость - важнейший показатель для эффективной работы электродного котла. УЭП теплоносителя измеряется прибором, который называется кондуктометр. УЭП прямо связана со значением тока (мощности) и температурой нагрева. Растет УЭП – растет ток (мощность) – растет температура. Если УЭП ниже требуемой – котел греет недостаточно, не выходит на заданную температуру. Выше требуемой – из-за превышения по току срабатывает («выбивает») автомат защиты.

Преимущества электродного котла:

1. Электрод значительно более долговечен и ремонтпригоден при правильной (штатной) эксплуатации, нежели ТЭН. В связи с долговечностью и слабой разрушаемостью электродов срок службы электродных котлов может составлять до 15 – 20 лет.

2. По сравнению с ТЭНовыми котлами электродный котел несопоставимо более пожаробезопасен в случае утечки теплоносителя либо падении давления в системе отопления. Нет теплоносителя – нет нагрева. Нет нагрева – нет вероятности пожара из-за аварии, в отличие от котла ТЭНового типа.

3. Возможность, за счет корректировки удельной электропроводности теплоносителя (воды или низкотемпературного теплоносителя), оптимизировать (увеличить или уменьшить) мощность котла. Достаточно провести несложную корректировку удельной электропроводности и проблема нехватки мощности решена.

Для задания оптимальных режимов работы котлов электродного типа и других устройств систем отопления применяются многофункциональные блоки управления. В блоке управления электродным котлом, установленным на экспериментальном стенде, потребитель имеет возможность задать параметры:

- температуру по входу в котел – управляющая температура, по достижении которой котел выключается. Рекомендуемые температуры до 55°C (для систем теплого пола не более 35°C);
- гистерезис обратной – разница в градусах между температурой выключения и последующей температурой включения нагрева. Рекомендуемые параметры - 5°C (для систем теплого пола 3°C);
- температура по выходу из котла («подача») – аварийная температура (защита от закипания). Рекомендуемая температура – не менее 70°C;
- гистерезис подачи - разница в градусах между температурой выключения и последующей температурой включения нагрева. Рекомендуемые параметры - 10°C.

3. Температурный режим не более 60-75°C на выходе из котла («подача»).

Рекомендуемая максимальная температура на входе в котел («обратка») не более 55-60°C. Оптимальная рабочая по «обратке» – от 45 до 55°C. С учетом того, что котел, в зависимости от особенностей построения системы отопления и расходных характеристик насоса, нагревает от 5 до 15°C одномоментно, имеем максимальную температуру на выходе («подача») 60-75°C. Указанные температуры не являются предельными, но являются оптимальными с позиции энергоэффективности котла. Для электродного нагрева оптимален температурный график нагрева от 30 до 55°C по «обратке». Именно в этих границах электродный котел обеспечивает плавный набор мощности и стабильный рост температуры (на 1 Ампер прироста тока приходится 2,5°C и 10 мкСм УЭП). На температурах до 30 и выше 60 градусов скорость движения (диссоциации) ионов ниже необходимой для эффективной работы котла.

Описание системы отопления с естественной циркуляцией.

Если в замкнутом водяном контуре имеются участки с подводом и отводом тепла, то в нем возникает естественное давление, обусловленное разностью плотностей холодной и горячей воды.

$$\Delta P_e = h \cdot g \cdot (\rho_o - \rho_r), \text{ Па}$$

где h – расстояние между центрами охлаждения и нагрева воды в системе, м

g - ускорение свободного падения ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$),

ρ_o - плотность охлажденной воды, кг/м^3

ρ_r - плотность горячей воды, кг/м^3 .

Естественное давление вызывает циркуляцию воды в контуре. При движении воды в контуре возникает гидравлическое сопротивление, которое складывается из сопротивления трения по длине трубопроводов и в местных сопротивлениях (поворотах, ответвлениях, отопительных приборах, арматуре и т.д.):

$$\Delta P_e = R = \Delta P_m + \Delta P_{\text{м}},$$
$$R = \sum \left(\frac{\lambda}{d} \cdot \frac{W^2}{2} \rho \cdot l \right) + \sum \left(\zeta \frac{W^2}{2} \rho \right),$$

где λ - коэффициент гидравлического трения;

d - диаметр трубопровода, м;

l - длина участка, м;

ζ - коэффициент местного сопротивления;

ρ - скорость течения воды, кг/м^3 ;

W - скорость течения воды, м/с.

Это сопротивление преодолевается естественным давлением. Установившийся режим наступает при $\Delta P_e = R$. Таким образом, каждому значению скорости циркуляции соответствует определенное значение естественного давления, т.е. для данного контура естественная циркуляция обусловлена степенью нагрева и охлаждения его участка и высотой контура.

Зависимость между действующим естественным давлением в контуре и расходом жидкости в нем называется гидродинамической характеристикой.

Определение гидродинамической характеристики необходимо для теплового и гидравлического расчета систем водяного отопления. Например, зная гидродинамическую характеристику данной системы, можно вычислить расход воды на отопление и, наоборот, при заданных тепловых потерях выбрать и расположить нагревательные приборы таким образом, чтобы при установленных котлах или бойлерах обеспечить необходимый подвод тепла в помещения.

2. ОПИСАНИЕ СТЕНДА. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Экспериментальная установка представляет собой модель системы водяного отопления с естественной циркуляцией.

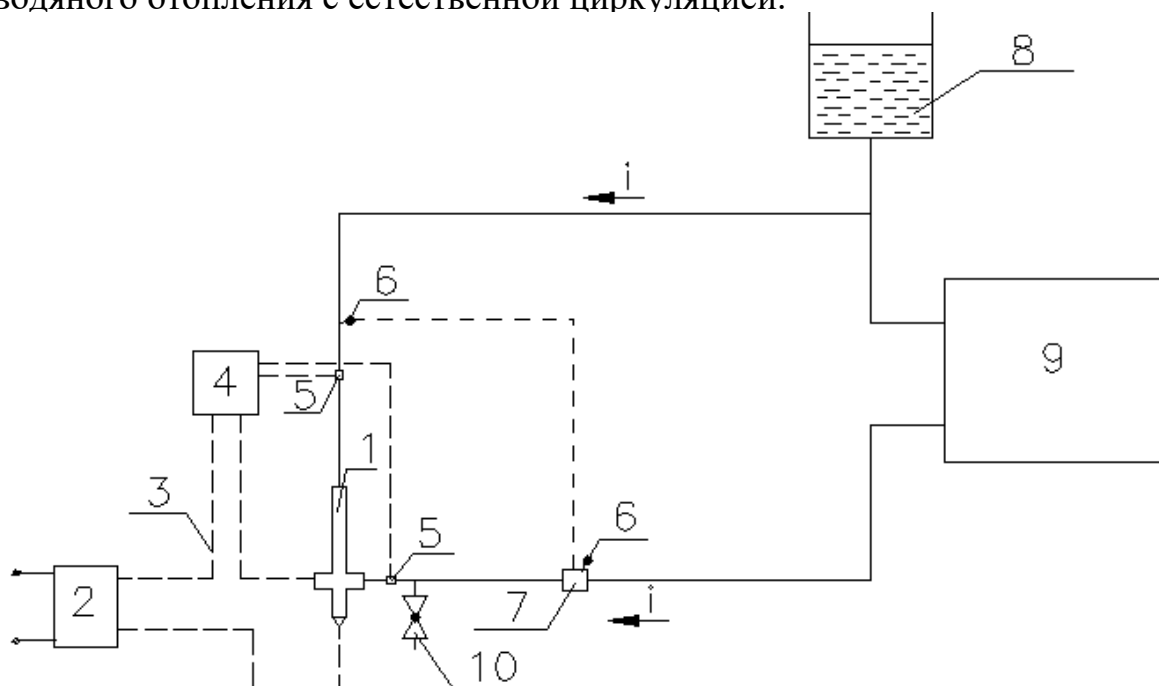


Рис. 1 Схема экспериментального стенда

1 – электродный котел, 2 – электросчетчик, 3 – электрический провод, 4 – блок терморегулирования, 5 – датчик температуры в составе блока терморегулирования, 6 – датчик температуры в составе блока теплосчетчика, 7 – измерительный блок ультразвукового теплосчетчика со встроенным счетчиком воды, 8 – расширительный бак, 9 – отопительный прибор, 10 – спускной шаровой кран.

Температуры горячей и охлажденной воды, а также расход воды в системе отопления определяются по показаниям теплосчетчика.

Для построения гидродинамической характеристики $G=f(\Delta P_e)$ необходимо несколько точек, т.е. нужно иметь несколько режимов работы по нагреву и охлаждению воды. Замеры следует производить после начала циркуляции воды в контуре для температур горячей воды с шагом 2-3⁰С.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

- Изучить общие сведения, изучить паспорт электродного котла.
- Убедиться в наличии воды в контуре (уровня воды в расширительном бачке). Проверить при помощи кондуктометра удельную электрическую проводимость теплоносителя, при необходимости при помощи добавления пищевой соды или дистиллированной воды скорректировать ее.
- Изучить возможности блока терморегулирования котла, задать необходимые параметры. Включить электродкотел. Дождаться начала циркуляции в контуре.

- Произвести замеры температур и расходов на 5-6 режимах (по указанию преподавателя), по таблице определить ρ , измерить при помощи рулетки h .
- Полученные результаты занести в таблицы опытных и расчетных данных. Построить $G = f(\Delta P)$.
- Проанализировать полученные результаты и записать вывод.

Таблица опытных и расчетных данных

№ опыта	t_2 °C	t_o °C	ρ_2 кг/м ³	ρ_o кг/м ³	ΔP_e Па	G, кг/с
1	2	3	4	5	6	7

Лабораторная работа №2

Изучение конструкции и исследование работы системы водяного отопления индивидуального жилого дома радиаторами и теплым полом.

Цель работы: ознакомление с устройством и принципами работы элементов современной системы водяного отопления радиаторами и теплым полом. Исследование особенностей конструирования, наладки и функционирования системы водяного отопления индивидуального жилого дома радиаторами и теплым полом.

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время в Республике Беларусь, как и в других странах, в индивидуальном строительстве широко используется наряду с радиаторным водяным отоплением напольное водяное и электрическое отопление.

Отопление теплым полом (напольное отопление) – это система, в которой до 40% тепла передается путем излучения.

Достоинства напольного отопления:

оптимальное распределение температуры в помещении.

тепло передается всей поверхностью пола и это приводит к ощущению, что температура внутри помещения выше. Таким образом, можно понизить температуру воздуха на 1-2°C, экономя при этом от 5-10% тепловой энергии за счет снижения теплопотерь.

система водяного напольного отопления работает при низких температурах (до 55°C), т.о. имеется возможность взаимодействия с экономичными источниками тепла, например, тепловыми насосами и конденсационными котлами. Летом можно ее использовать для охлаждения помещений.

ограничен перенос пыли в помещении.

Радиаторное отопление для индивидуальных домов применяют чаще всего по двухтрубной схеме подключения отопительных приборов к трубопроводам. В зависимости от схемы разводки могут быть

периметральными (тупиковыми или с попутным движением теплоносителя), петлевыми смешанными, коллекторными и лучевыми.

При лучевой схеме трубопроводы прокладывают от коллектора кратчайшим путем в штробах пола или в монолите пола к каждому отопительному прибору в отдельности.

Как и системы отопления многоквартирных жилых домов, общественных и других зданий, системы радиаторного и напольного отопления индивидуальных домов для оптимальной работы требуют наладки. Возможно использование для этого компенсационного или пропорционального метода, а также метода температурного перепада.

5. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Схема экспериментального стенда «Комбинированная система отопления индивидуального дома» показана на рисунках 1 и 2. На рисунке 1: Вода в экспериментальном стенде подогревается в электрическом водонагревателе 1. Циркуляционным насосом горячая вода подается по подающему трубопроводу в систему отопления.



Рисунок 1. Комбинированная система отопления индивидуального дома

У водонагревателя расположена арматура безопасности и расширительный бак 2. Расширительный бак служит для вмещения прироста объема воды, образующегося при нагревании воды в установке. Для предотвращения быстрого выхода из строя теплообменника котла в связи с большим перепадом температур между подающим и обратным трубопроводами смонтирован трёхходовой клапан и термоголовка с выносным накладным датчиком 3. В случае падения давления в отопительной системе, подпиточный клапан 4 сработает и восстановит требуемый уровень давления. Для радиаторной системы отопления применена горизонтальная лучевая разводка при помощи коллекторного блока 5. Для покомнатной автоматизации систем на коллекторе установлены сервоприводы, соединенные с комнатными термостатами 7. Для приготовления теплоносителя необходимой для теплого пола температуры установлен насосно-смесительный узел 6. Контроллер 8 предназначен для измерения и автоматического пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулирования температуры теплоносителя в смесительных узлах систем напольного отопления в соответствии с заданным графиком. Насосы и термостаты подключены посредством зональных коммуникаторов 9. Система отопления представлена двумя алюминиевыми радиаторами 10 и тремя контурами теплого пола 11.

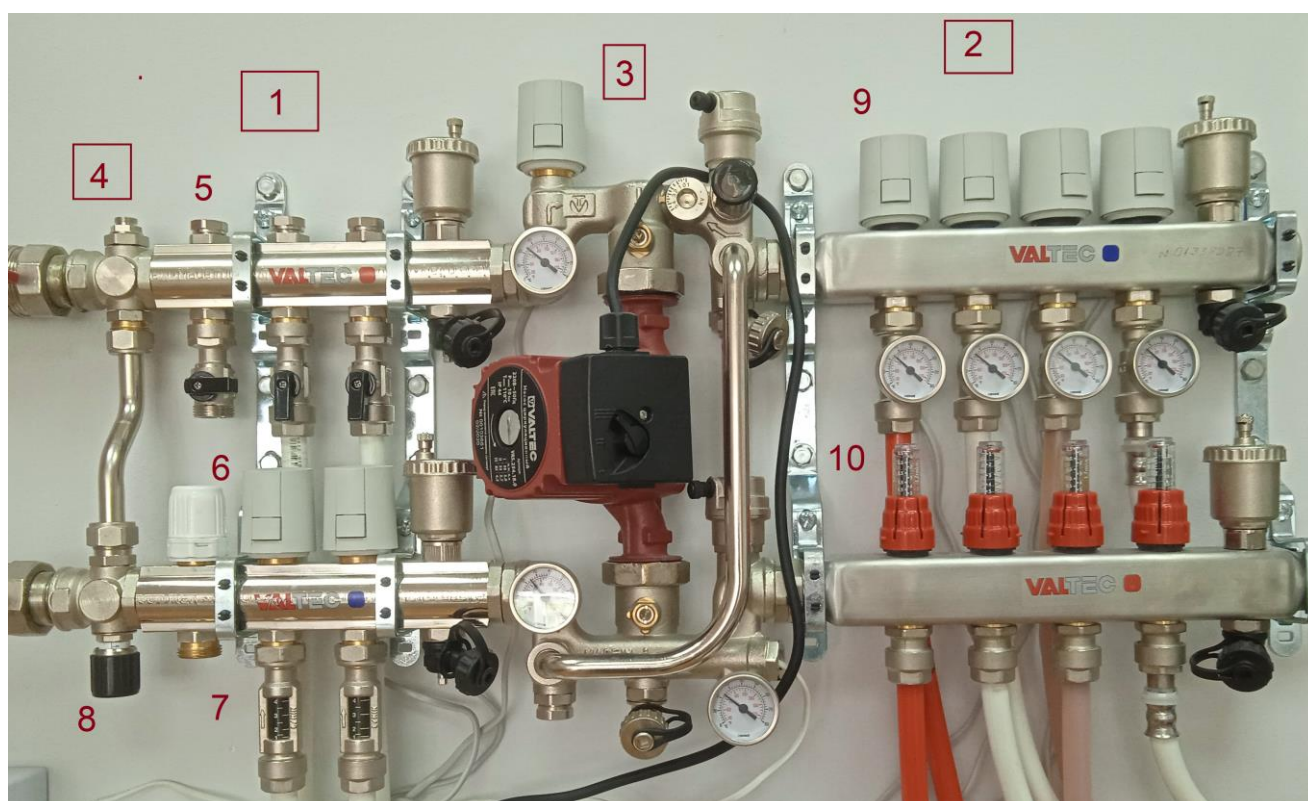


Рисунок 2. Коллекторные узлы стенда «Комбинированная система отопления индивидуального дома»

На рисунке 2: Для радиаторной системы отопления применена горизонтальная лучевая разводка при помощи коллекторного блока 1. Для по-

комнатной автоматизации систем на коллекторе установлены сервоприводы 6, соединенные с комнатными термостатами. Для наладки радиаторной системы отопления установлены ротаметры 7. В случае перекрытия всех сервоприводов, возможна работа циркуляционного насоса на тупик, чтобы это предотвратить, смонтирован байпас 4 с перепускным клапаном 8.

Для приготовления теплоносителя необходимой для теплого пола температуры установлен насосно-смесительный узел 3. В камере смешения узла происходит дозированный подмес теплоносителя из обратки теплого пола к высокотемпературному теплоносителю первичного, радиаторного контура. Контролирует необходимую температуру аналоговый сервопривод, который получает управляющий сигнал от погодозависимого контроллера 8, показанного на рисунке 1. При помощи циркуляционного насоса, теплоноситель поступает в распределительный коллектор водяного теплого пола 2 с расходомерами 10. Расходомеры 10 необходимы для гидравлической балансировки петель теплого пола между собой. В нижней правой части стенда продемонстрированы три типа трубопровода из ассортимента VALTEC, который можно применять в водяном напольном отоплении: это металлопластиковая труба, сшитый полиэтилен и термостабилизированный полиэтилен. Для наибольшего комфорта и эффективности работы системы применены электротермические сервоприводы, установленные на термостатических клапанах коллектора обратки 9, и комнатные термостаты. Сервоприводы и термостаты соединены между собой при помощи коммуникатора, который в случае перекрытия всех петель выключит циркуляционный насос узла смешения.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

- Определить, заполнена ли система отопления теплоносителем.
- Если система отопления не заполнена, то выполнить заполнение системы из водопровода. Заполнение осуществлять небольшим расходом воды, отслеживая по манометру наличие давления теплоносителя в СВО (до получения в системе отопления стенда избыточного давления теплоносителя, равного максимальному давлению из водопровода). Перед заполнением системы необходимо открыть полностью всю запорную и регулирующую арматуру на стенде. При заполнении системы понаблюдать за работой автоматических воздухоотводчиков.
- Осуществить выпуск воздуха из системы отопления при помощи ручных воздухоотводчиков, после чего выполнить повторно заполнение системы отопления из водопровода.
- Включить электрический водонагреватель и дождаться увеличения температуры в системе.
- Изучить работу трёхходового клапана и термоголовки с выносным накладным датчиком 3 (рисунок 1)

- Изучить принцип назначения и принцип работы всех элементов системы отопления экспериментального стенда (кроме устройств для автоматического регулирования)

- Задать на термостатах и контроллере температуру на 2-3 градуса выше фактической в помещении для осуществления работы всех контуров системы отопления. Дождаться открытия сервоприводов на распределительных коллекторах

- Выполнить наладку радиаторной системы отопления при помощи балансировочных клапанов, встроенных в подающий коллектор радиаторного отопления при помощи шестигранного ключа. При наладке фактическое значение расхода через радиаторы определять по ротаметрам 7 (рисунок 2). Шкала ротаметров (расходомеров) отградуирована в диапазоне 1–4 л/мин. Проектные расходы на радиаторах принять равными 2 и 3 л/мин.

- Выполнить наладку напольной системы отопления при помощи ротаметров 10 согласно методике компании ВАЛТЭК (Россия).

- а) измерить длины труб петель теплого пола,

- б) выбирается петля самой большой длины, при включённом циркуляционном насосе ротаметр на этой петле открывается в максимальное положение, и относительно него будут выставляться расходы всех остальных петель.

- в) высчитываются и выставляются на ротаметрах расходы в остальных петлях пропорционально их длине, относительно расхода и длины главной петли. При подобной настройке может сложиться ситуация, когда даже при полном открытии расходомер одной из петель не будет достигать требуемой отметки. Например, расходомер второй петли вместо значения 3,2 л/мин., будет показывать 2,5 л/мин. Это значит, что потери давления в этой петле больше, чем в первой, несмотря на то, что вторая петля короче. Это случается, когда потери давления на преодоление местных сопротивлений в петле больше, чем в той, которую мы приняли за расчётную. В этом случае расчётной становится петля № 2.

- Выполнить настройку балансировочного клапана контура теплых полов (вторичного контура) в соответствии с рекомендациями преподавателя

- Балансировочный клапан вторичного контура задаёт соотношение между расходами первичного (от электронагревателя) и вторичного (тёплый пол) контуров. Расположение клапанов первичного и вторичного контуров показано на рисунке 3.

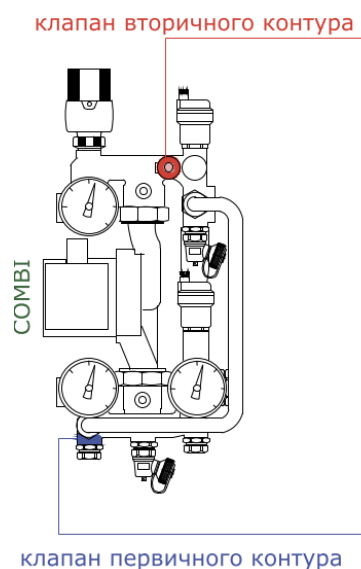


Рисунок 3. Расположение клапанов в смесительном узле

Чем больше открыт клапан вторичного контура, тем меньше поступает нагретого теплоносителя из греющего (первичного) контура. Для корректной настройки этого клапана нужно знать следующие исходные данные:

- общую тепловую мощность системы тёплого пола, подключённого к насосно-смесительному узлу $Q_{\text{тп}}$, Вт;
- температуру теплоносителя, подаваемого в тёплый пол $t_{\text{тп1}}$, °C;
- перепад температур между прямым и обратным теплоносителями $\Delta t_{\text{тп}}$, °C. Этот перепад обычно составляет 5÷10 °C;
- температуру теплоносителя, поступающего к насосно-смесительному узлу из первичного (греющего) контура, t_1 , °C;
- гидравлические характеристики термостатического клапана узла, $K_{\text{в\тк}}$ (0,9 м³/час по данным производителя)

Требуемую пропускную способность балансировочного клапана вторичного контура для насосно-смесительного узла VT.Combi можно рассчитать по формуле:

$$K_{\text{в\бк}} = \frac{t_1 - t_{\text{н1}}}{\Delta t_{\text{mn}}} \cdot K_{\text{в\тк}}, \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$$

Далее по полученному значению гидравлической характеристики балансировочного клапана вторичного контура $K_{\text{в\бк}}$ принимаем настройку (табл. 1) и выставляем ее:

Таблица 1
Гидравлические характеристики балансировочного
клапана вторичного контура $K_{\text{в\бк}}$

Тип узла	VT.Combi
K_v , м³/час, при настройке	
0 (0,1)	—
1	1
2	1,75
3	2,5
4	3,5
5	5

- Замерять температуры и расходы теплоносителя на входе и выходе из радиаторной системы и из контуров теплого пола. Полученные данные занести в таблицу данных 1.

Таблица данных №1

№ контура пола или радиатора	Расход воды, л/мин	Температура воды на входе, °C	Температура воды на выходе, °C	
Контур 1				
Контур 2				
Контур 3				
Радиатор 1				
Радиатор 2				

- Проанализировать полученные результаты и записать выводы. В выводах дать ответ на вопросы:

а) как можно было бы выполнить наладку радиаторной системы отопления при отсутствии ротаметров 7 (рисунок 2)?

б) как можно было бы выполнить наладку напольной системы отопления при отсутствии ротаметров 10 (рисунок 2)?

в) как вы считаете, в чем сложность наладки системы напольного отопления при отсутствии проектных данных по системе напольного отопления?

Лабораторная работа №3

Исследование различных способов автоматизированного управления современными системами водяного отопления индивидуальных жилых домов.

Цель работы: изучение назначения, функциональных возможностей и принципов работы элементов автоматического регулирования системы отопления радиаторами и теплым полом. Научиться управлять режимами работы термостатов и контроллера в разных режимах в соответствии с их функционалом.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На сегодняшний день систему теплоснабжения невозможно представить без использования современных средств автоматизации. Любая котельная, система радиаторного отопления, теплых полов или система горячего водоснабжения нуждается в точной регулировке и удаленном управлении.

Средства автоматизации шагнули далеко вперед в техническом развитии и позволяют реализовывать функции, доступные каждому: погодозависимое регулирование, подстройку системы под реальные потребности пользователя, управление в каждой температурной зоне, установку временных графиков энергопотребления, дистанционное управление и просмотр статистики. Данные функции доступны теперь не только на сложных промышленных контроллерах, но и на обычных пользовательских бытовых устройствах с максимально простым и интуитивно-понятным интерфейсом. Все это позволяет достичь максимального комфорта для жильцов, начать экономить тепловую энергию, иметь возможность оперативного дистанционного управления своей системой, а также упрощает работу для сотрудников эксплуатирующих служб.

Самым простым и доступным решением по регулированию системы напольного отопления является использование комнатных термостатов совместно с электротермическими приводами, управляющими термостатическими клапанами коллекторного блока.

Принцип работы термостата элементарен: пользователем задаётся желаемая температура внутреннего воздуха (уставка). При отклонении температуры воздуха в помещении от уставки на величину гистерезиса (разница между температурами включения и выключения), происходит переключение контактов реле, через которые на сервопривод подаётся электропитание. В зависимости от схемы подключения и типа сервопривода (нормально открытый или нормально закрытый), происходит либо открытие, либо закрытие термостатического клапана, регулирующего подачу теплоносителя в петлю тёплого пола.

Термостат на схеме 1 рисунка 1 при повышении температуры разомкнёт питание нормально закрытого сервопривода и тем самым перекроет подачу теплоносителя в петлю.

На схеме 2 рисунка 1 термостат подключён к нормально открытому приводу. При повышении температуры воздуха в помещении термостат подаст питание на сервопривод, также перекрыв петлю.

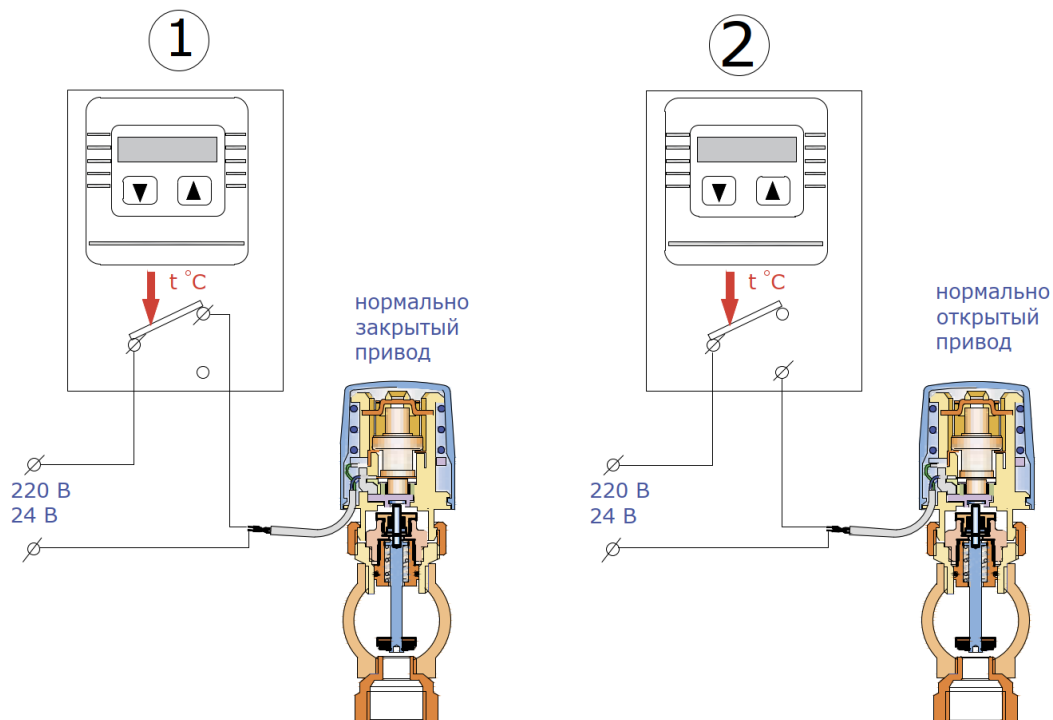


Рисунок 1. Принцип работы термостата

В качестве исполнительных устройств используются электротермические и моторные приводы. Электротермические приводы применяются в случаях, когда управляющий клапан имеет исполнение нажимного типа (конструктивно имеет шток). Данное решение является наиболее бюджетным, быстродействие такого привода ниже, однако, это принципиально не влияет на качество регулирования.



Рисунок 2. Электротермические приводы

Электротермические сервоприводы применяются для автоматического управления радиаторным или коллекторным термостатическим клапаном систем водяного отопления. Действие привода основано на расширении

заполняющего сильфон армированного парафина при протекании электрического тока через встроенный нагревательный элемент по сигналу от комнатного термостата или контроллера.

Рассмотрим возможности термостатов и контроллеров на примере оборудования компании VALTEC (Россия, г.Москва).

ТЕРМОСТАТ КОМНАТНЫЙ С ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛА VT.AC602



Настенный комнатный термостат VT.AC602 с датчиком температуры пола предназначен для автоматического регулирования температуры воздуха или поверхности теплого пола посредством включения отопительных устройств или сервоприводов запорной арматуры в зависимости от заданного пользователем значения температуры.

ТЕРМОСТАТ КОМНАТНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРОВОДНОЙ VT.AC701



Этот термостат предназначен для подачи управляющего сигнала (вкл/выкл) на элементы климатических систем (сервоприводы, насосы, вентиляторы и т.п.) в зависимости от температуры воздуха, окружающего термостат. Термостат имеет встроенный датчик температуры окружающего воздуха.

Настройка термостата:

Нажмите любую клавишу. На дисплее загорится мерцающее значение температуры воздуха, символ отопительной системы  и символ температуры .

Каждое нажатие клавиши «вверх» или «вниз» при мерцающем значении температуры и горящем символе  будет повышать или понижать требуемую температуру срабатывания термостата на 1°C. Через 15 секунд после нажатия клавиши мерцание значения температуры прекратится, и термостат перейдет в рабочий режим. На дисплее будет отражаться текущая температура окружающего воздуха. При достижении температуры воздуха в помещении заданных параметров, произойдет переключение контактов термостата, о чем будет свидетельствовать горящий символ .

ХРОНОТЕРМОСТАТ ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМНАТНЫЙ ПРОВОДНОЙ С ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛА VT.AC709



Комнатный электронный хронотермостат VT.AC709 предназначен для автоматического регулирования и поддержания программно заданной температуры воздуха в помещении, температуры поверхности или теплоносителя, а также для ограничения перегрева конструкций или теплоносителя. Основная сфера применения термостата – системы встроенного водяного отопления (например: «теплый пол»).

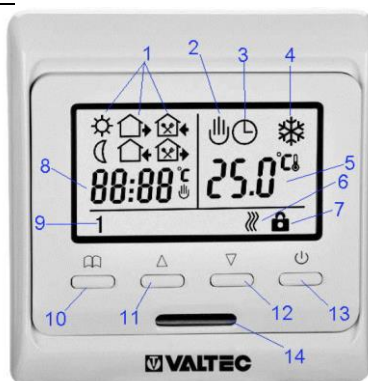
Термостат дает возможность недельного программирования температурных режимов с разбивкой каждого суток на 6 временных периодов (в таблице приведена заводская разбивка на периоды):

Период 1	Период 2	Период 3	Период 4	Период 5	Период 6
6.00-7.59	8.00-11.29	11.30-12.29	12.30-17.29	17.30-21.59	22.00-5.59
					
Проснулись	Ушли на работу	Пришли на обед	Ушли с обеда	Вернулись с работы	Сон

Доступные функции прибора

- поддержание температуры на основании показаний встроенного датчика;
- поддержание температуры по показаниям выносного датчика;
- поддержание температуры по показаниям встроенного датчика с использованием выносного датчика для защиты от перегрева конструкции или теплоносителя;
- суточное программирование температурных режимов;
- недельное программирование температурных режимов;
- режим защиты от замерзания по показаниям любого из датчиков;
- ручное и программное управление режимами;
- настройка гистерезиса (разницы между температурами размыкания и замыкания контактов);
- калибровка показаний встроенного датчика по данным поверочного термометра;
- компенсация погрешности показаний встроенного датчика, учитывающая место расположения прибора в помещении;
- экранная индикация режимов работы, времени и температуры;
- выбор рабочего и вспомогательного датчиков температуры;
- блокировка настроек для исключения несанкционированного вмешательства

Индикация и управление:



<i>Поз.</i>	<i>Символ</i>	<i>Назначение</i>	<i>Примечание</i>
1		Первый период суток	6.00-7.59 «Проснулись» *
		Второй период суток	8.00-11.29 «Ушли на работу» *
		Третий период суток	11.30-12.29 «Пришли на обед»*
		Четвертый период суток	12.30-16.59 «Ушли с обеда»*
		Пятый период суток	17.00-21.59 «Пришли с работы»*
		Шестой период суток	22.00-5.59 «Сон»*
2		Индикация режима ручного управления	Поддерживается заданная для этого режима температура
3		Индикация автоматического режима	Прибор работает по заданной программе
2+3		Индикация временного ручного режима	Прибор поддерживает температуру, заданную ручным режимом до конца периода. Затем работает по программе
4		Индикация режима защиты от замерзания	Прибор поддерживает температуру не ниже +5°C
5		Температура по рабочему датчику	В режиме «IN» и «ALL» -по встроенному датчику. В режиме «OUT» -по выносному датчику
6		Индикация подачи команды на нагрев	Управляющий контакт замкнут
7		Индикация включенной блокировки	Клавиши управления заблокированы
8		Индикация текущего времени и требуемой температуры	Время и температура отражаются попеременно с интервалом в 5 сек
9		Номер текущего дня недели	Выходные дни отображаются на темном фоне
10		Кнопка входа в меню	Выбор режимов работы
11		Кнопка перехода вверх	Плюс/ вперед
12		Кнопка перехода вниз	Минус/назад
13		Кнопка включения	Вкл/выкл/ввод
14		Встроенный датчик температуры	

* -заводская настройка (может быть перенастроена пользователем)

Переключение режимов

Для переключения с ручного на автоматический режим работы служит кнопка .

Для выхода во временный ручной режим нажмите клавишу  или

. Во временном ручном режиме (одновременно горят символы  и ) прибор будет поддерживать введенную пользователем для ручного режима температуру только до окончания текущего периода. Затем начнется работа по заданной программе.

Программирование

Для входа в режим программирования нажимайте в течение 5 сек. кнопку . Появится значение времени начала первого (из шести) программируемого периода первых суток. Кнопками «вверх/вниз» настройте это время.

Нажмите . Появится значение требуемой температуры для этого периода. Настройте эту температуру.

Нажмите . Произойдет переход на следующий период.

Эту операцию надо произвести для всех периодов каждого из 7 суток недели.

Выход из режима программирования производится нажатием кнопки .

Особенности настроек при работе в системах встроенного отопления (теплый пол). При работе прибора с системой встроенного обогрева, когда выносной датчик используется в качестве рабочего и измеряет температуру пола, рекомендуется задавать комфортную температуру пола в диапазоне 28...32°C.

Для экономного режима (ночь, отсутствие хозяев) эту температуру рекомендуется принимать 20...24°C. При этом, с учетом инерционности систем встроенного обогрева, команду на повышение температуры (реле замкнуто) необходимо подавать за 60...120 мин до желаемого времени повышения температуры пола, а понижать (реле разомкнуто) – за 30...60 мин до желаемого события. Точное время опережения команд подбирается опытным путём, т.к. оно зависит от теплотехнических характеристик конкретного помещения и конструкций.

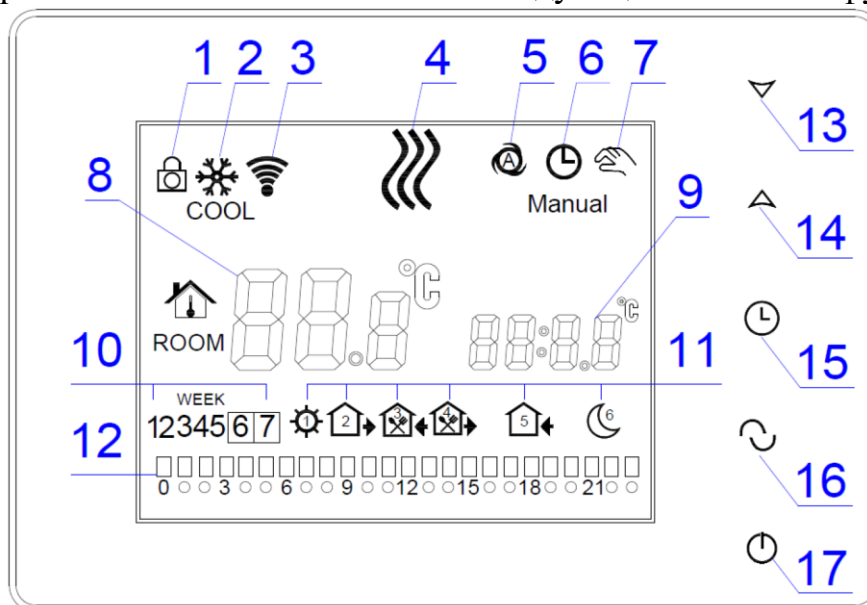
БЕСПРОВОДНОЙ ХРОНОТЕРМОСТАТ VT.AC707



Все ранее рассмотренные комнатные термостаты соединяются с сервоприводом с помощью провода, что не всегда удобно, а в ряде случаев просто невозможно. В этом случае на помощь придёт беспроводной хронотермостат VT.AC707. В его комплект входит приёмник, который принимает управляющий сигнал от хронотермостата, установленного в обслуживаемом помещении и по проводной схеме передаёт его непосредственно на сервопривод коллекторного блока. Сигнал к приёмнику передаётся по радиоканалу на разрешенной частоте 433 МГц. Приёмник, как правило, располагается рядом с сервоприводом в коллекторном шкафу.

Хронотермостат передаёт по радиоканалу управляющий сигнал на приёмник, входящий в комплект поставки. При получении сигнала от хронотермостата в приёмнике происходит переключение контактов реле, через которое на управляемый элемент либо подаётся напряжение электропитания, либо элемент отключается от питания.

Хронотермостат позволяет выполнять следующие основные функции:



<i>Поз.</i>	<i>Символ</i>	<i>Назначение</i>	<i>Примечание</i>
1		Индикация включенной блокировки	Клавиши управления заблокированы
2		Индикация режима защиты от замерзания	Прибор поддерживает температуру не ниже +5°C
3		Индикация передачи радиосигнала	Связь установлена
4		Индикация подачи команды на нагрев	Управляющий контакт замкнут
5		Автоматический режим управления с ручной корректировкой	Прибор поддерживает температуру, заданную ручным режимом до конца периода. Затем работает по программе
6		Индикация автоматического режима	Прибор работает по заданной программе
7		Индикация режима ручного управления	Поддерживается заданная для этого режима температура

8	25.0°C	Температура по рабочему датчику	Показания температуры воздуха по встроенному датчику
9	88:88°C	Отображения температуры, времени и набора параметров	Отображение запрограммированной температуры, времени и задаваемых параметров
10	12345 6 7	Отображение режима недельного программирования	Режимы программирования: -5 рабочих дней 2 выходных -6 рабочих дней 1 выходной -7 рабочих дней
11		Первый период суток	6.00-7.59 «Проснулись»
		Второй период суток	8.00-11.29 «Ушли на работу»
		Третий период суток	11.30-12.29 «Пришли на обед»
		Четвертый период суток	12.30-17.29 «Ушли с обеда»
		Пятый период суток	17.30-21.59 «Пришли с работы»
		Шестой период суток	22.00-5.59 «Сон»
12		Индикация режимов	Почасовая индикация заданных режимов
13		Кнопка перехода вниз	Минус/назад
14		Кнопка перехода вверх	Плюс/ вперед
15		Кнопка установки времени	
16		Кнопка изменения режимов работы	-ручное управление; -временное ручное управление; -автоматическое управление; -установка периодов (нажать более 5 сек)
17		Кнопка включения/выключения	При нажатии более 5 сек – переход к программированию режимов

ХРОНОТЕРМОСТАТ ЭЛЕКТРОННЫЙ, КОМНАТНЫЙ, ДВУХ-КОНТУРНЫЙ VT.AC711

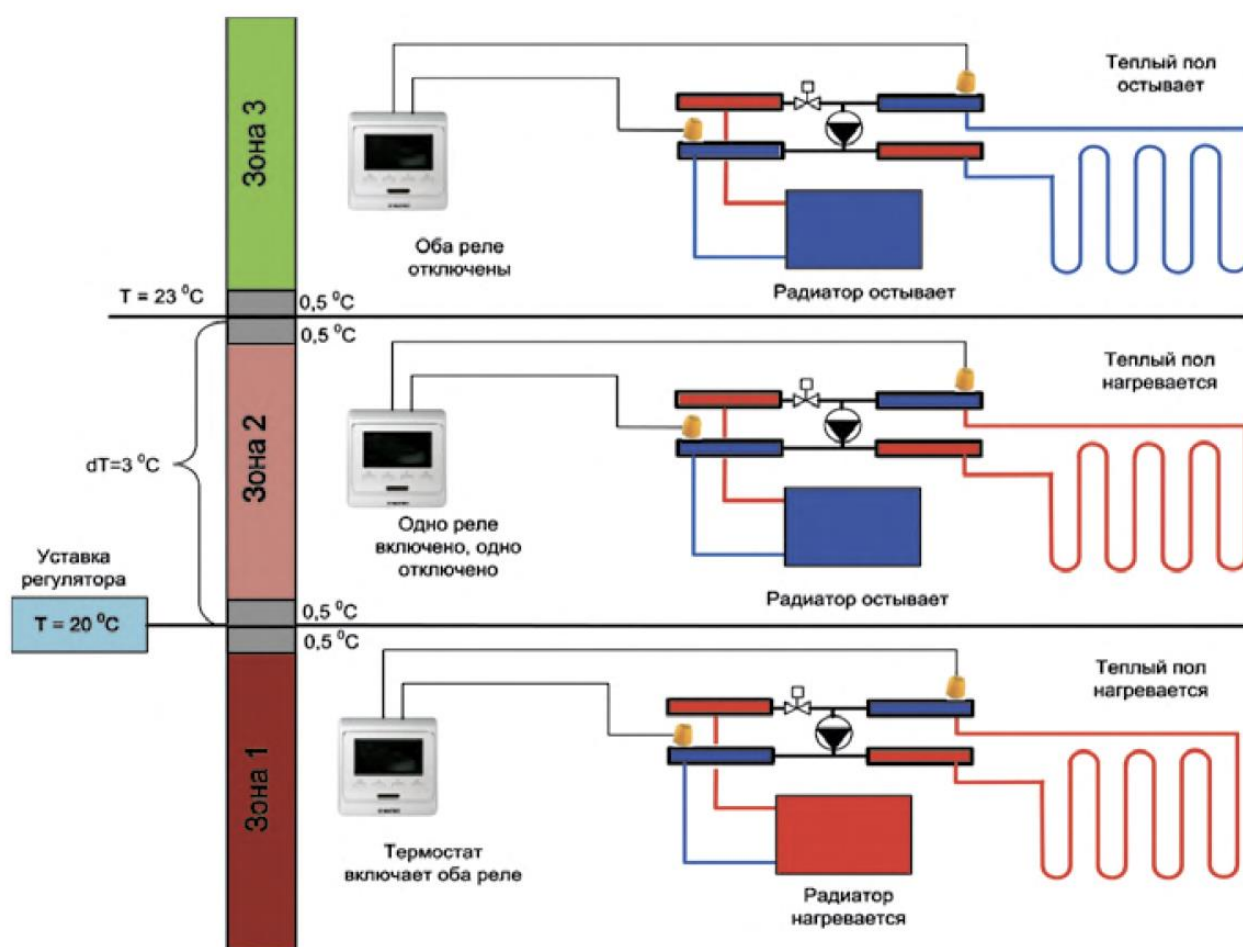


Система напольного отопления достаточно часто применяется в качестве дополнения к радиаторному отоплению. В случае использования такой комбинированной схемы, управление отоплением тоже должно быть ком-

бинированным. Это значит, что совместная одновременная работа двух систем в межсезонье (при температуре наружного воздуха от -10 до $+8$ °С) не требуется. Тёплый пол вполне и сам справится с этой задачей. Для управления комбинированной системой отопления идеально подходит двухконтурный хронотермостат VT.AC711.

Этот хронотермостат выполняет такие же функции, как и VT.AC709, но управляет уже не одним, а двумя контурами отопления при помощи дополнительного реле. В меню настроек такого термостата введена величина dT , которая определяет зону температур выше уставки, при которой включено только одно реле. На термостате задаётся две величины: первая — уставка самого термостата (например -20 °С) и вторая величина — dT (например — 3 °С), которая настраивается один раз и применима при любых значениях уставки. Если фактическая температура воздуха в помещении ниже уставки на $0,5$ °С (половинное значение гистерезиса), то это означает, что в помещении холодно и необходимо включить и радиаторное и напольное отопление. Такая ситуация возникает, как правило, в пиковые периоды холода, когда на улице устанавливается температура, близкая к зимней расчётной.

Алгоритм двухконтурного регулирования показан на рисунке:



При возрастании температуры выше уставки ($20^{\circ}\text{C} + 0,5^{\circ}\text{C} = 20,5^{\circ}\text{C}$) реле, управляющее радиатором, отключается. Таким образом, при оптимальном диапазоне температур будет выключен радиатор, но тёплый пол для обеспечения комфорта в помещении останется включённым. Дальнейшее увеличение температуры воздуха до величины $20 + dT + 0,5 = 23,5^{\circ}\text{C}$ приведёт к выключению и тёплого пола.

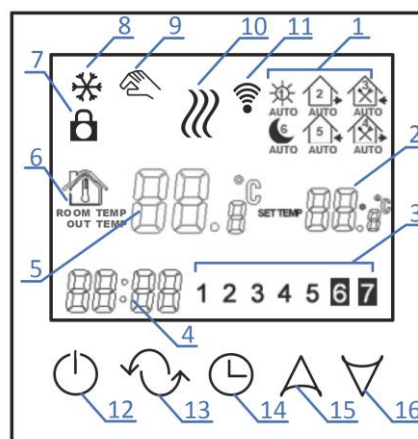
Остывание помещения приведёт сначала к запуску тёплого пола при температуре $20 + dT - 0,5 = 22,5^{\circ}\text{C}$, а при понижении температуры до величины $20 - 0,5 = 19,5^{\circ}\text{C}$ подключится и радиаторное отопление. По умолчанию, величина dT задана равной 3°C , однако, задавать её рекомендуется, исходя из особенностей конкретной системы и тепловой инерционности помещения.

КОМНАТНЫЙ WIFI- ХРОНОТЕРМОСТАТ VT.AC712



Комнатный WiFi-хронотермостат VT.AC712 имеет WiFi-модуль, обеспечивающий возможность управления температурой помещения при помощи мобильного устройства.

Приложение для мобильного устройства Valtec «Heat Control» доступно для загрузки в «Play Market» и «Apple Store». Хронотермостат может выполнять следующие основные функции: поддержание температуры воздуха в обслуживаемом помещении на уровне, заданном пользователем (программно или вручную), на основании показаний встроенного или выносного датчика температуры.



Поз.	Символ	Назначение	Примечание
1		Первый период суток	6.00-7.59 ¹ «Проснулись»
		Второй период суток	8.00-11.29 ¹ «Ушли на работу»
		Третий период суток	11.30-12.29 ¹ «Пришли на обед»
		Четвертый период суток	12.30-16.59 ¹ «Ушли с обеда»
		Пятый период суток	17.00-21.59 ¹ «Пришли с работы»
		Шестой период суток	22.00-5.59 ¹ «Сон»
2		Индикация заданной температуры	Отображается заданная для режима температура
3		Индикация текущего дня недели	Режимы программирования: 1. 5 рабочих дней, 2 выходных; 2. 6 рабочих дней, 1 выходной; 3. 7 рабочих дней
4		Индикация текущего времени	
5		Индикация текущей температуры	
6		Индикатор рабочего датчика температуры	«ROOM» - встроенный датчик, «OUT» - выносной

Поз.	Символ	Назначение	Примечание
7		Индикация включенной блокировки	Отображается при включённой блокировке кнопок
8		Индикация режима защиты от заморозки	Прибор поддерживает температуру не ниже +5°C
9		Индикатор режима ручного управления	Поддерживается заданная вручную температура; если значок мигает - прибор поддерживает температуру, заданную вручную до конца периода, затем работает по программе
10		Индикация подачи команды на нагрев	Управляющий контакт сработал
11		Индикатор работы WIFI-модуля	Значок мерцает – нет подключения к сети; горит постоянно – прибор подключился к WIFI
12		Кнопка включения / выключения	
13		Кнопка выбора режимов работы	- ручное управление - временное ручное управление - автоматическое управление; - установка периодов (нажать и удерживать более 5 сек)
14		Кнопка установки времени и блокировки клавиш	При удерживании более 5 сек. – блокировка кнопок
15		Кнопка перехода вверх	Плюс / вперед
16		Кнопка перехода вниз	Минус / назад

Примечание: 1- по умолчанию

Работа с WIFI и мобильным приложением Valtec «Heat Control»

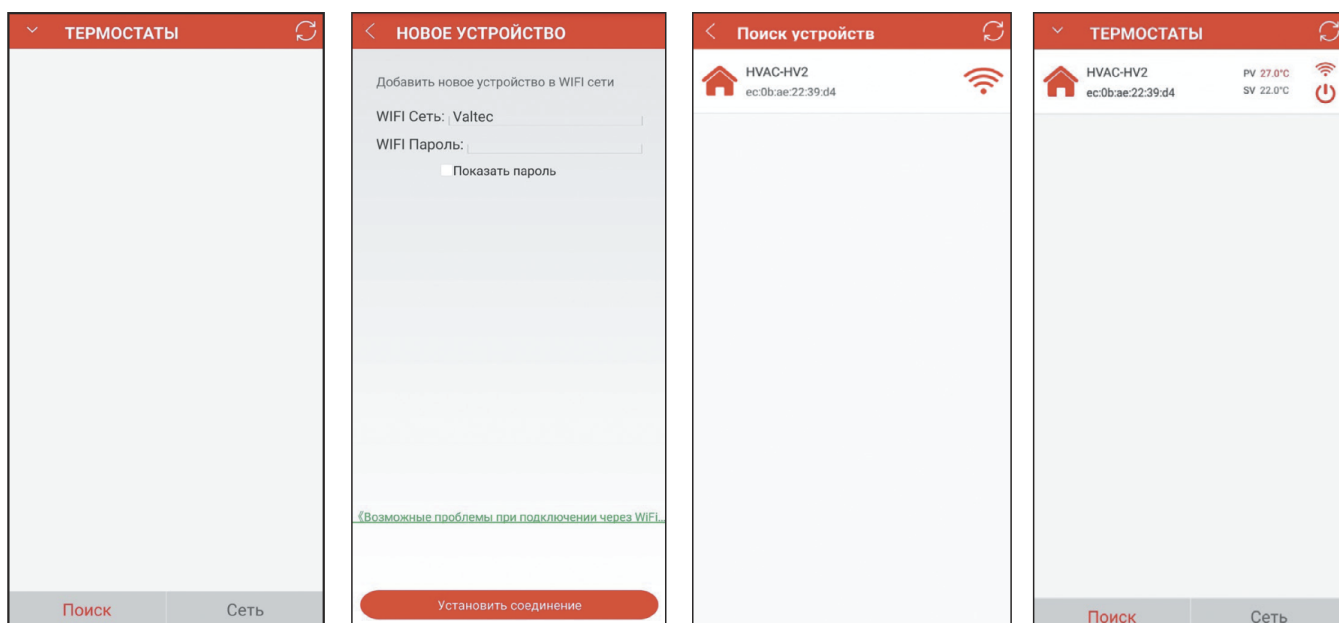
Скачайте и установите приложение на мобильное устройство, запустите приложение Valtec «Heat Control». После загрузки приложения появится окно «Термостаты».

Нажмите кнопку «Сеть» для настройки WIFI-соединения.

В появившемся окне «Новое устройство» в поле «WIFI Сеть» определяется название используемой сети. В поле «WIFI пароль» необходимо ввести пароль для подключения к сети. Нажмите кнопку «Установить соединение» внизу экрана. При корректном подключении символ на дисплее термостата перестанет мерцать и будет гореть постоянно.

Войдите в режим расширенных настроек хронотермостата (при выключенном приборе нажмите и удерживайте кнопку , затем нажмите ).

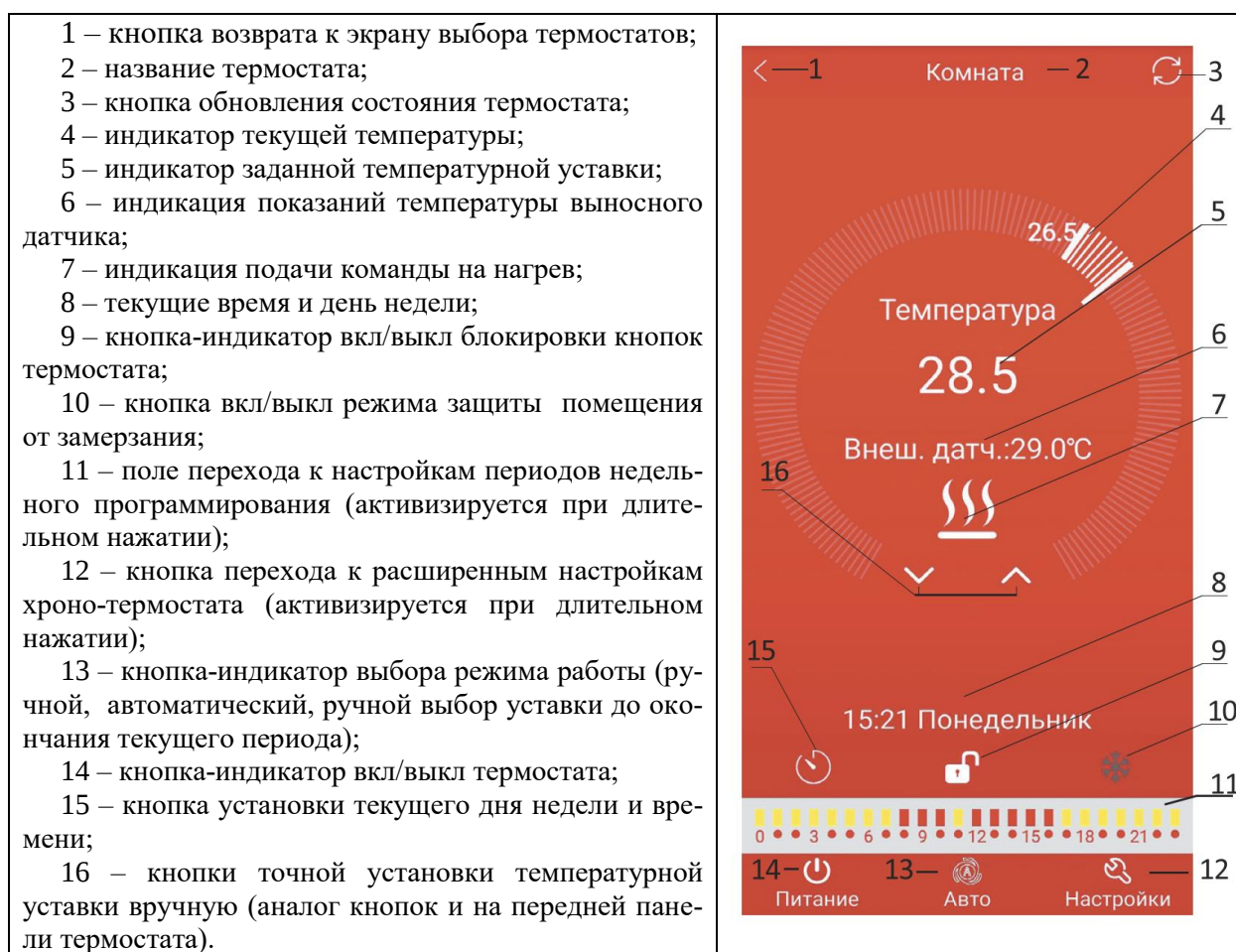
Кнопкой  выберите параметр настроек «FAC» и установите кнопкой  значение «10» или «32», нажмите кнопку выключения . Затем повторно войдите в режим расширенных настроек. Термостат запустится в рабочем режиме с активным поиском сети WIFI – символ  начнет ускоренно мерцать.



Нажатием на значок  вернитесь в окно «Термостаты» и выберите «Поиск». Обновите окно «Поиск устройств» путем нажатия на значок . В списке появится новый термостат, который можно выбрать нажатием, после чего он появится в окне «Термостаты»

Длительное нажатие на поле с наименованием термостата вызовет меню редактирования, в котором можно переименовать, заблокировать или удалить устройство. Короткое нажатие на поле с наименованием термостата вызовет окно управления термостатом.

Элементы экрана управления термостатом:



Используя мобильное приложение, можно производить изменение любых настроек хронотермостата и в удобной форме корректировать периоды недельного программирования температурных режимов. При нажатии на поле с необходимым к изменению значением появляется диалоговое окно, при помощи которого возможно произвести изменения. Мобильное приложение Valtec «Heat Control» обеспечивает возможность подключения и управления посредством мобильного устройства несколькими термостатами.

НАСТРОЙКИ	ПАРАМЕТРЫ НЕДЕЛИ
Выбор датчика (sen): Внутренний	Неделя: 12345,67
Предел внеш.датч.(osv): 42 °C	Параметры рабочих дней:
Гистерезис K2 (dif): 2 °C	Период 1: 6:00 20.0°C
Макс. темпер.(svh): 40 °C	Период 2: 8:00 15.0°C
Мин. темпер.(svl): 5 °C	Период 3: 11:30 15.0°C
Калибр.внутр.датч.(adj): 0.0 °C	Период 4: 12:30 15.0°C
Антизамерзание(fre): ВЫКЛ.	Период 5: 17:00 22.0°C
Питание (pop): ВКЛ.	Период 6: 22:00 15.0°C
Гистерезис K1 (df1): 5 °C	Параметры выходных:
Режим блокировки (Loc): Блок. в..	Период 1: 8:00 22.0°C
	Период 6: 23:00 15.0°C

ЗОНАЛЬНЫЙ КОММУНИКАТОР



Если рассмотреть классическую схему простого автоматического управления комбинированной системой отопления, в которой комнатные термостаты управляют сервоприводами термостатических клапанов коллекторных блоков, то возникает вопрос: что случится, когда все клапаны окажутся закрытыми?

Очевидно, что в этой ситуации откроются перепускные клапаны на контурах, и теплоноситель начнёт циркулировать по малым кольцам через байпасы. При этом насосы будут расходовать электроэнергию вхолостую. Если же контуры не оборудованы байпасами с перепускными клапанами, то циркуляционные насосы будут работать «на закрытую задвижку», тратя энергию только на нагрев самих себя и теплоносителя в ограниченном пространстве.

Для предотвращения работы насоса «вхолостую» и «на закрытую задвижку», а также для удобной увязки работы сервоприводов с остальным оборудованием системы отопления разработан зональный коммуникатор VT.ZC8.

К коммуникатору подводятся провода от каждого комнатного термостата, и он передаёт принимаемые сигналы на соответствующий сервопривод или группу сервоприводов. При отсутствии запроса на отопление (все термостатические клапаны коллектора находятся в закрытом положении), коммуникатор отключает циркуляционный насос.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ СМЕСИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ VT.K300.0.0



Постоянное регулирование температуры теплоносителя в соответствии с изменяющейся температурой воздуха позволяет избавиться от частого включения и выключения сервоприводов на термостатических клапанах коллекторов системы тёплого пола.

В этом случае комнатные термостаты выполняют только вспомогательную роль, корректируя текущую теплотребность помещений в соответствии с желаниями пользователя.

Полностью оценить преимущества погодозависимого управления системой тёплых полов позволит контроллер VT.K300. Он не только обеспечит энергоэффективную работу напольного отопления, но и продлит ресурс безаварийной эксплуатации всей системы в целом.

Регулирование контроллером осуществляется на основании информации, получаемой от датчиков температуры теплоносителя, температуры наружного воздуха и температуры внутреннего воздуха в помещении.

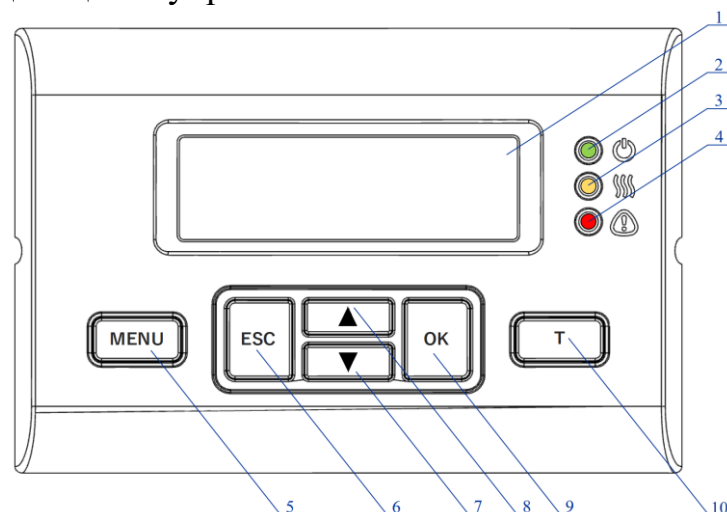
Регулирование температуры теплоносителя контроллером производится путем подачи управляющего импульсного сигнала на сервопривод термостатического (24В) или ротационного клапана смесительного узла. Вычисление требуемой величины управляющего сигнала зависит от выбранного в настройках контроллера типа привода и типа регулирования.

Контроллер VT.K300 поддерживает следующие виды регулирования:

- по графику зависимости температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха (погодозависимое регулирование);
- поддержание заданной температуры воздуха помещения с ограничением температуры теплоносителя по погодозависимому графику;
- поддержание заданной температуры воздуха в помещении;
- поддержание постоянной температуры теплоносителя.

Регулирование происходит автоматически по пропорционально-интегрально-дифференциальному (ПИД) закону. ПИД регулирование дает возможность контроллеру оперативно устанавливать в системе требуемый уровень температуры теплоносителя при малейших колебаниях температуры наружного воздуха.

Элементы индикации и управления



1 – монохромный ЖК-дисплей с подсветкой, отображает текущее состояние системы;

2 – индикатор наличия питания и состояния подключения к сети WI-FI:
- мерцает при наличии питания контроллера,

3 – индикатор режима нагрева (горит при нахождении системы отопления в состоянии нагрева);

4 – индикатор аварийной ситуации (горит при обрыве или коротком замыкании одного из датчиков температуры);

5 – кнопка перехода в меню контроллера;

6 – кнопка возврата к предыдущему состоянию меню;

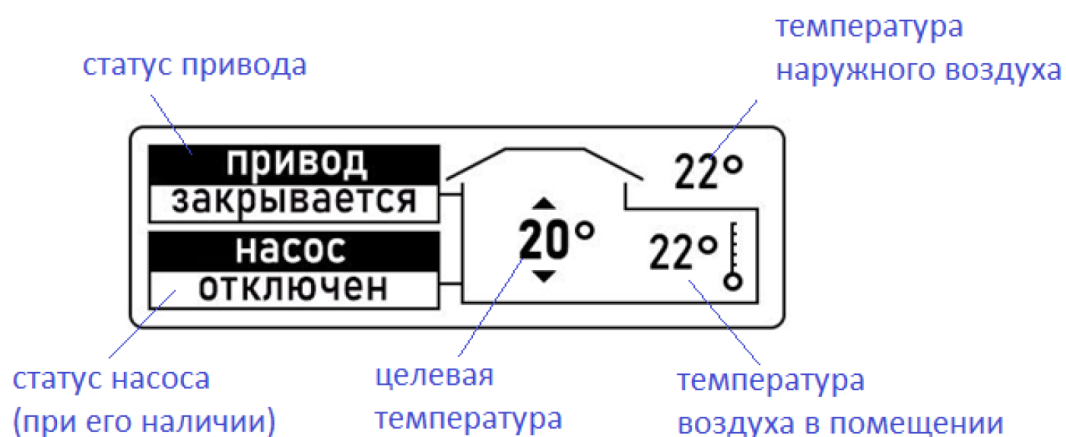
7 – кнопка перехода к нижней строке меню/уменьшения редактируемого значения;

8 – кнопка перехода к верхней строке меню/увеличения редактируемого значения;

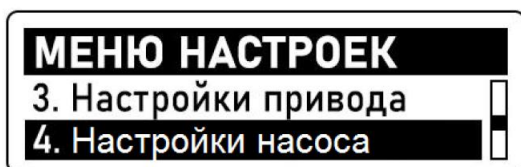
9 – кнопка установки выбранного значения;

10 – кнопка вызова меню температур.

Обозначения элементов на главном экране

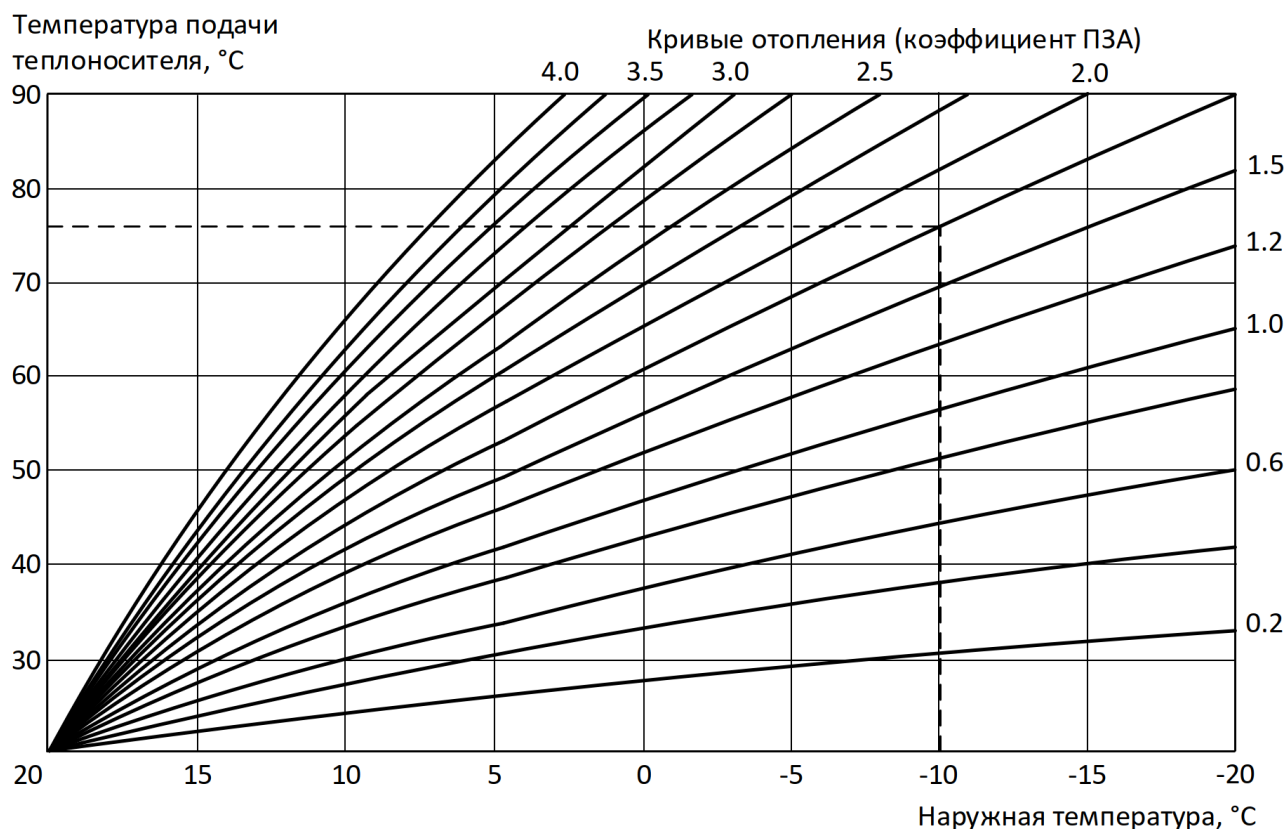


Нажатие кнопки MENU переключает экран в меню настроек контроллера. На экране отображается список разделов меню. Выделенный пункт меню подсвечивается цветовой инверсией.



Тип регулирования «ПЗА».

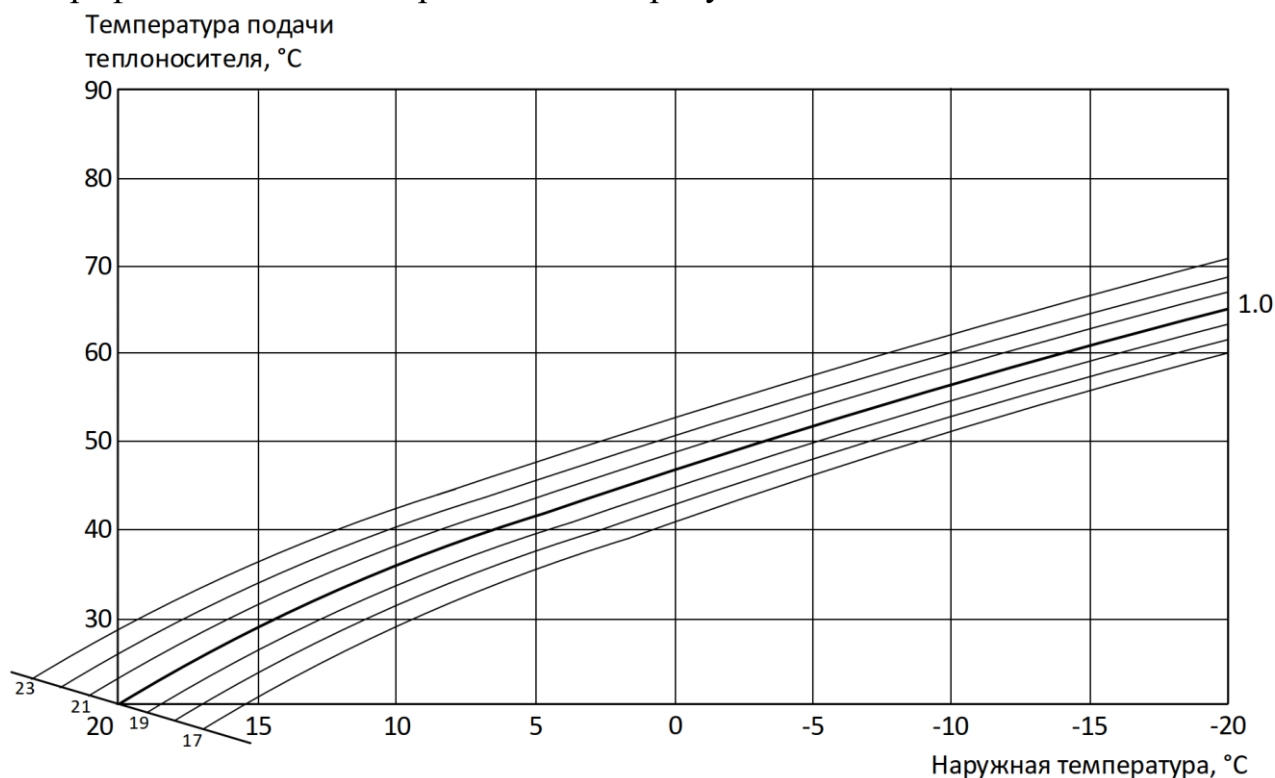
График зависимости температуры теплоносителя от наружного воздуха (кривая отопления) выбирается путем задания значения коэффициента ПЗА:



Все кривые отопления рассчитаны для целевой температуры воздуха в помещении 20 °С. Существует возможность изменения целевой температуры – это приведет к сдвигу выбранной через коэффициент ПЗА кривой отопления.

Например, если в помещении нужно поддерживать 23 °С – необходимо сдвинуть кривую относительно изначального графика вверх, если необхо-

дима целевая температура воздуха 17 °С – кривую нужно сдвинуть вниз. Вид графиков со сдвигом представлен на рисунке ниже.



Тип регулирования «Теплоноситель» используется для поддержания постоянной температуры теплоносителя по заданному пользователем целевому значению.

В режиме «Воздух+ПЗА», при заданном коэффициенте ПЗА равном 0, регулирование происходит по температуре воздуха в помещении.

При установленном ненулевом коэффициенте ПЗА максимальная температура теплоносителя в системе будет ограничиваться заданным температурным графиком (кривой отопления). Целевая температура воздуха в помещении устанавливается пользователем вручную на главном экране.

При корректно подобранных параметрах привода время выхода системы в устойчивый режим работы, в зависимости от внешних условий, может достигать 60...180 минут.

После изменения настроек привода необходимо произвести перезагрузку контроллера путем отключения питания на 20...30 секунд.

Настройку контроллера следует производить после проведения всех электрических подключений в следующем порядке:

- выбрать необходимый тип регулирования;
- выбрать тип используемого в системе привода (или другого исполнительного устройства для релейного управления);
- указать наличие циркуляционного насоса в системе;
- проверить и при необходимости произвести корректировку настроек для привода и насоса (после изменении настроек привода – перезагрузить контроллер);

- при необходимости проверить функционирование устройств вручную в режиме тестирования.

2. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Схема экспериментального стенда «Комбинированная система отопления индивидуального дома» показана на рисунке 3. Вода в экспериментальном стенде подогревается в электрическом водонагревателе 1. Циркуляционным насосом горячая вода подается по подающему трубопроводу в систему отопления.

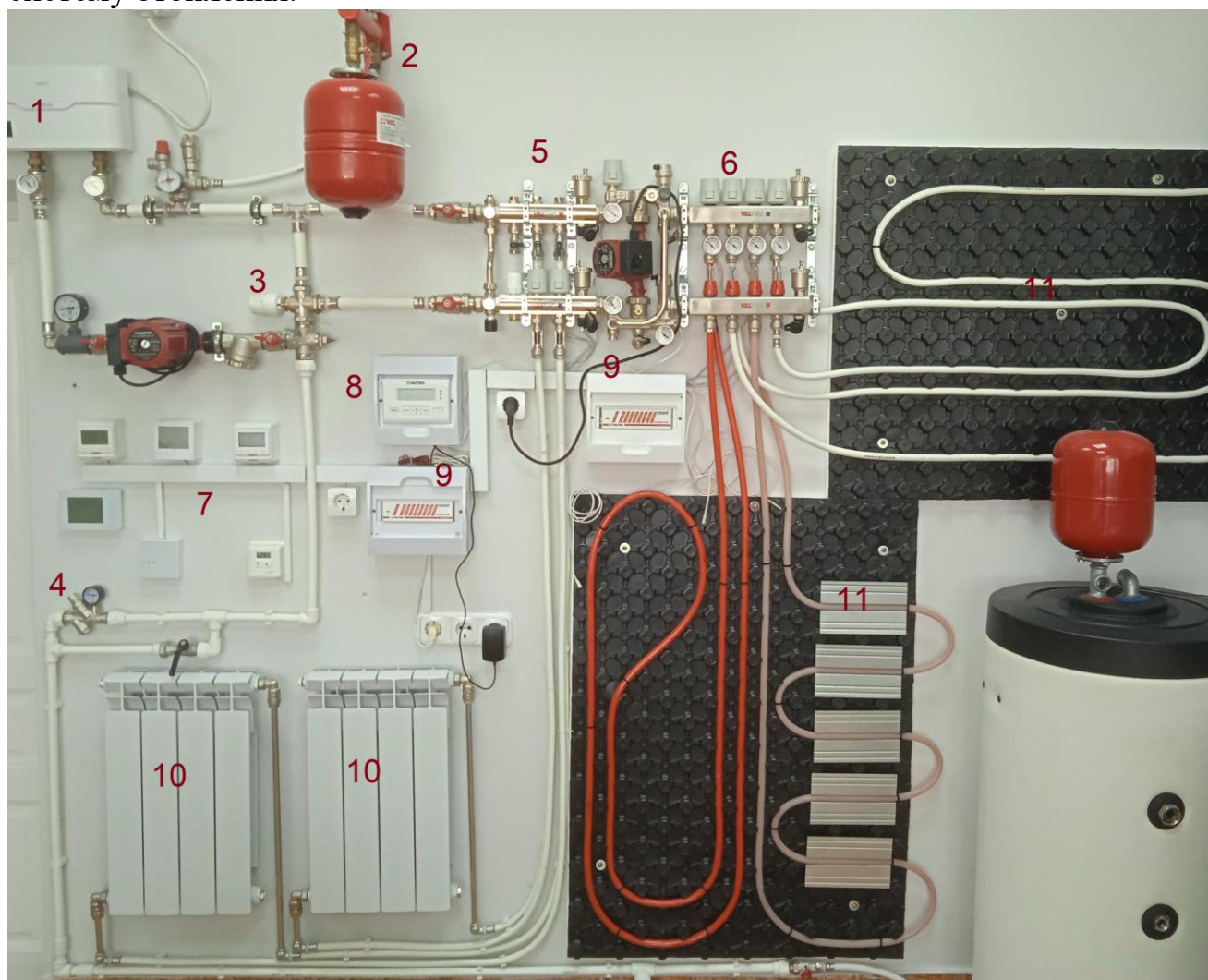


Рисунок 3. Комбинированная система отопления индивидуального дома

У водонагревателя расположена арматура безопасности и расширительный бак 2. Расширительный бак служит для вмещения прироста объема воды, образующегося при нагревании воды в установке. Для предотвращения быстрого выхода из строя теплообменника котла в связи с большим перепадом температур между подающим и обратным трубопроводами смонтирован трёхходовой клапан и термоголовка с выносным накладным датчиком 3. В случае падения давления в отопительной системе, подпито-

чный клапан 4 сработает и восстановит требуемый уровень давления. Для радиаторной системы отопления применена горизонтальная лучевая разводка при помощи коллекторного блока 5. Для покомнатной автоматизации систем на коллекторе установлены сервоприводы, соединенные с комнатными термостатами 7. Для приготовления теплоносителя необходимой для теплого пола температуры установлен насосно-смесительный узел 6. Контроллер 8 предназначен для измерения и автоматического пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулирования температуры теплоносителя в смесительных узлах систем напольного отопления в соответствии с заданным графиком. Насосы и термостаты подключены посредством зональных коммуникаторов 9. Система отопления представлена двумя алюминиевыми радиаторами 10 и тремя контурами теплого пола 11.

Для радиаторной системы отопления применена горизонтальная лучевая разводка при помощи коллекторного блока 1. Для покомнатной автоматизации систем на коллекторе установлены сервоприводы 6, соединенные с комнатными термостатами. В случае перекрытия всех сервоприводов, возможна работа циркуляционного насоса на тупик, чтобы это предотвратить, смонтирован байпас с перепускным клапаном 4.

Для приготовления теплоносителя необходимой для теплого пола температуры установлен насосно-смесительный узел 2. В камере смешения узла происходит дозированный подмес теплоносителя из обратки теплого пола к высокотемпературному теплоносителю первичного, радиаторного контура. При помощи циркуляционного насоса, теплоноситель поступает в распределительный коллектор водяного теплого пола с расходомерами.



Рисунок 4 – Средства автоматического управления стендом
1 – хронотермостат VT.AC709; 2 – WIFI хронотермостат VT.AC712; 3 – хронотермостат двухконтурный VT.AC711; 4 – термостат VT.AC701; 5 – беспроводной хронотермостат VT.AC707; 6 – приемник хронотермостата VT.AC707; 7 – контроллер VT.K300; 8 – зональный коммуникатор

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

- Изучить методические указания. Изучить назначение и принцип работы всех элементов автоматического регулирования системы отопления экспериментального стенда (термостатов и контроллера).

- Задать на термостатах и контроллере температуру на 2-3⁰С выше фактической в помещении для осуществления работы всех контуров системы отопления. Дождаться открытия сервоприводов на распределительных коллекторах.

- Изучить работу термостатов и контроллера в разных режимах в соответствии с их функционалом.

- Записать общие выводы по работе. В выводах дать ответ на вопрос: какой тип термостатов вы считаете наиболее актуальным к широкому применению в индивидуальном строительстве?

Лабораторная работа №4

Изучение устройства и исследование работы водо-водяного парокompрессионного теплового насоса.

Цель работы: получение знаний о тепловых насосах и изучение их функционирования применительно к системе водяного отопления.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСАХ

Тепловой насос — устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически тепловой насос представляет собой обращённую холодильную машину. Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель — теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

В процессе работы компрессор потребляет электроэнергию. Соотношение вырабатываемой тепловой энергии и потребляемой электрической называется коэффициентом преобразования теплоты (или отопительным коэффициентом) и служит показателем эффективности теплового насоса.

Отличие теплового насоса от топливных источников тепла состоит в том, что для работы, кроме энергии для компрессора, ему нужен также источник низкопотенциального тепла, в то время как в традиционных источниках тепла вырабатываемое тепло зависит исключительно от теплотворной способности топлива.

Тепловые насосы могут с успехом использоваться при наличии низкопотенциального источника теплоты для сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства, учитывая стимулирование в Республике Беларусь потребления электрической энергии для целей отопления и теплоснабжения.

Устройство и термодинамика теплового насоса

В качестве рабочего тела в компрессионном тепловом насосе используется хладагенты - жидкости с достаточно большой теплотой парообразования, кипящие при низких ($+5...-50\text{ }^{\circ}\text{C}$) температурах и давлениях несколько больших атмосферного. Обычно это аммиак и фреоны.

Основными элементами установки (Рис. 1) является конденсатор 1, дроссель 2, испаритель 3, компрессор 4. В испарителе при низком давлении и, следовательно, при низкой температуре происходит испарение (кипение) фреона за счет тепла низкопотенциального источника тепловой энергии, от которого при этом отбирается количество тепла Q_2 . Пары фреона отсасываются и сжимаются компрессором, при этом рабочему телу (фреону) сообщается энергия, затрачиваемая компрессором L_k . Пары затем поступают в конденсатор (теплообменник, аналогичный испарителю), где фреон конденсируется при более высоком давлении, создаваемым компрессором, а следовательно, при более высокой температуре. При конденсации отбирается тепло от рабочего тела, это производится теплоносителем в системе потребителя теплоты (он холоднее конденсирующегося фреона), этот теплоноситель отбирает от фреона количество тепла Q_1 . Жидкий фреон затем поступает в дроссель (это тонкое отверстие), давление резко снижается. В испаритель фреон поступает с низким давлением, и цикл повторяется.

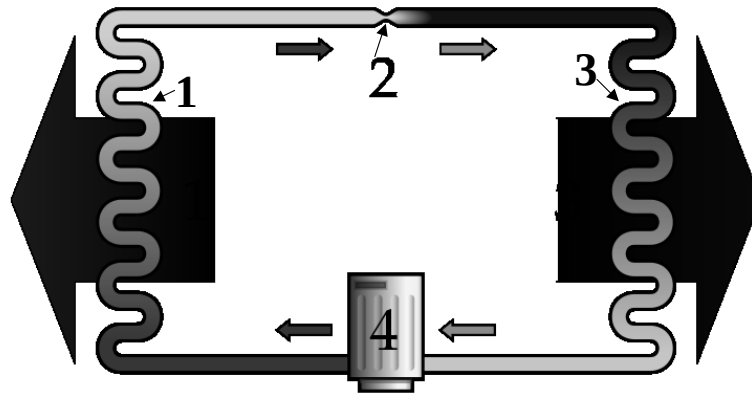


Рис. 1 Схема компрессионного теплового насоса 1) конденсатор, 2) дроссель, 3) испаритель, 4) компрессор.

Описанная схема может выполнять две задачи: охлаждать или нагревать объект. Машины, предназначенные для отбора тепла от тел с низкой температурой, называются холодильниками; устройства, передающие тепло телам с более высокой температурой, называются тепловыми насосами, т.е. название агрегата зависит от функции.

По II закону термодинамики тепло не может само собой переходить от холодного тела (источник низкопотенциальной тепловой энергии) к теплomu (теплоноситель в системе у потребителя). Для осуществления такого теплового потока требуется затрата энергии. В данном случае эта энергия представлена энергией, затраченной компрессором:

$$l_k = q_1 - q_2. \quad (1)$$

Следовательно, горячему телу с температурой T_1 передается больше тепла, чем взято у холодного тела с температурой T_2 : $q_1 = q_2 + l_k$. В этом заключается термодинамический смысл отопления описанным способом (отбирается тепло от холодного тела, добавляется энергия, приложенная к рабочему телу).

Обратный цикл Карно (теоретическое сочетание процессов в данной схеме) характеризуется отопительным коэффициентом φ :

$$\varphi = \frac{q_1}{l_k} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \quad (2)$$

и холодильным коэффициентом ε :

$$\varepsilon = \frac{q_2}{l_k} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad (3)$$

которые связаны между собой так:

$$\varphi = \frac{q_1}{l_k} = \frac{q_2 + l_k}{l_k} = \varepsilon + 1 \quad (4)$$

Чем меньше $\Delta T = T_1 - T_2$, тем выше эффективность работы (меньше затрачивается энергия на "прокачку" тепла), т.е. при отоплении желательно использовать на испарителе наиболее теплые источники (сбросная вода ТЭС, геотермальные воды и т.п.), а при охлаждении объектов - на конденсаторе нужно использовать наиболее холодные источники (не подвергать облучению солнцем, подальше от теплых тел, выбирать по возможности холодные места).

2. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд СИПТН-1 (Рис. 2) состоит из стойки, на которой размещены все узлы и устройства, обеспечивающие работу теплового насоса: 1.Компрессор. 2. Ресивер. 3. Фильтр. 4.Клапан. 5.Терморегулирующее реле. 6.Испаритель. 7.Конденсатор. 8.Реле высокого давления. 9. Реле низкого давления. 10.Манометр высокого давления. 11.Манометр низкого давления.

На панели 12 размещены: 13 - счётчик расхода воды, проходящей через конденсатор; 14 - вентиль регулировки расхода воды, проходящей через конденсатор; 15 - счётчик расхода воды, проходящей через испаритель; 16 -вентиль регулировки расхода воды, проходящей через испаритель.

На панели 17 установлены: 18 - прибор для измерения температуры «Сосна002»; 19-вольтметр; 20 - ваттметр.

Внизу стойки, на панели 21 установлены элементы управления стендом: 22 - автоматический выключатель; 23 - кнопки включения и выключения компрессора, а также арматура, сигнализирующая о подаче напряжения сети и включения компрессора. На этой же панели установлен разъём 24, предназначенный для подключения к стенду электропитания переменного тока и розетка 25, для подключения компьютера.

На задней панели 26 установлена вентиляционная сетка 27, а также: 28 -коллектор подвода воды от централизованной магистрали; 29 - коллектор для отвода воды из теплообменников. На выходе испарителя установлен датчик температуры терморегулирующего реле 30.

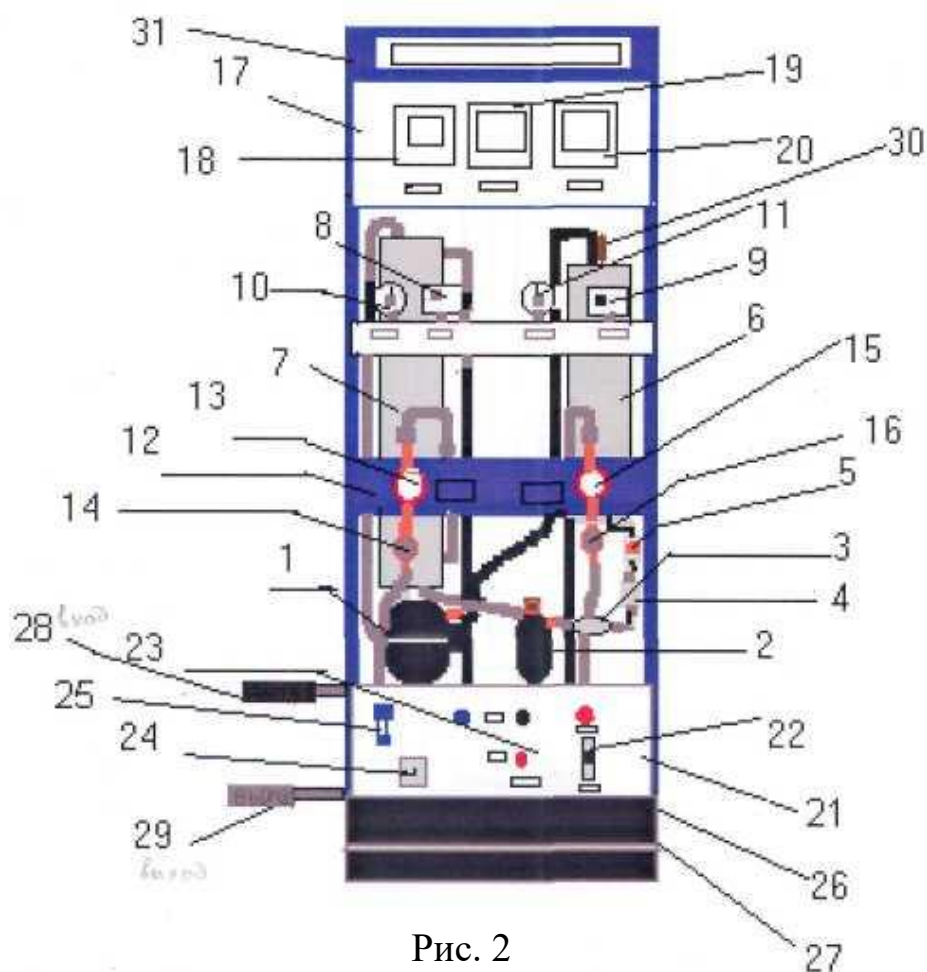


Рис. 2

Испаритель и конденсатор имеют одинаковую конструкцию и представляют собой змеевик, выполненный из медной трубки диаметром 10мм. Испаритель имеет 25 витков, а конденсатор 37 витков. Змеевик помещён в трубный кожух, выполненный из нержавеющей стали.

На стенде установлены 12 термопар. Номера термопар и объекты, температура которых измеряется представлены в таблице 1.

ПОДГОТОВКА СТЕНДА К РАБОТЕ

Перед началом работы на стенде необходимо произвести следующие действия:

1. Проверить наличие и качество крепления заземляющего провода.
2. Установить автоматический выключатель 22 в положение СЕТЬ.
3. Визуально осмотреть качество крепления термопар.
4. Визуально осмотреть крепление шлангов подачи и отвода воды из конденсатора и испарителя.
5. Убрать все посторонние предметы со стенда.
6. Открыть вентили подачи воды в конденсатор и испаритель 14 и 16 соответственно.
7. Открыть кран подачи воды от водопровода.

8. Осмотреть систему подачи воды в испаритель и конденсатор и, в случае появления течи в местах присоединения шлангов к стенду, подтянуть хомуты.
9. Закрыть вентили 14 и 16.
10. Вставить вилку питающего кабеля в розетку электрической сети.
11. Включить стенд, установив автоматический выключатель в положение ВКЛ.
При выполнении последней операции, загорится сигнальная лампочка, сигнализирующая о подаче на стенд напряжения.
12. Включить термоизмерительный прибор 18, поставив тумблер включения прибора в положение ВКЛ.
13. После проверки работы прибора, стенд готов к проведению лабораторной работы.

Таблица 1

№ термопары	Объект измерения температуры
1	Температура хладона на входе в испаритель (температура испарения)
2	Температура хладона на выходе из испарителя
3	Температура хладона на входе в компрессор
4	Температура хладона на выходе из компрессора
5	Температура хладона на входе в конденсатор
6	Температура хладона на выходе из конденсатора (температура конденсации)
7	Температура компрессора
8	Температура окружающей среды
9	Температура воды на входе в конденсатор
10	Температура воды на выходе из конденсатора
11	Температура воды на входе в испаритель
12	Температуры воды на выходе из испарителя

3. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Работу на стенде необходимо производить в следующей последовательности:

1.Открыть магистральный кран и подать воду на коллектор входа воды 18.

2.Открыть вентили подачи воды в конденсатор и испаритель 14 и 16 до конца, обеспечив максимальный расход воды.

3.Включить компрессор, нажав кнопку ПУСК.

4.Дать поработать тепловому насосу в течение 10 мин.

5.Зафиксировать расход воды через конденсатор и испаритель. Расход воды определяется скоростью вращения первой стрелки на счетчиках воды (самая быстрая стрелка). Полный оборот стрелки соответствует прохождению одного кг воды. Замеряют время T за n полных оборотов первой стрелки (при больших расходах минимум 3-4 оборота).

Расход воды равен: $G=n/T$ (кг/с).

6. С помощью термоизмерительного прибора измерить температуру теплового насоса в точках указанных в таблице 2.

7. Тепловой насос может работать при расходе воды через конденсатор и испаритель в диапазоне 50 - 360 литров в час. Давление при этом, в тракте нагнетания может находиться в диапазоне 8-17 атмосфер (0,8-1,7 Мпа), а в тракте всасывания - в диапазоне 3-6 атмосферы. (0,3 - 0,6 Мпа). Температура на выходе хладона из конденсатора и испарителя должна соответствовать его давлению в линиях нагнетания и испарения. В случае повышения, или падения давления, ниже установленного, тепловой насос с помощью реле давления 8 и 9, установленных на линии нагнетания и всасывания, отключается. Повторное включение теплового насоса произойдет автоматически после спада, или повышения давления через некоторое время после отключения. Если давление в трактах не устанавливается до величины необходимой для включения теплового насоса, его можно повысить или понизить путём изменения расхода воды через теплообменники с помощью вентиля 14 и 16.

Для повышения давления в конденсаторе, расход воды необходимо уменьшить, а для понижения давления - увеличить.

Для повышения давления в испарителе, расход воды необходимо увеличить, а для понижения давления - уменьшить.

Стенд позволяет контролировать работу парокомпрессионного теплового насоса, также, с помощью компьютера. Измеренные термоизмерительным прибором «Сосна-002», показания термодатчиков сохраняются в виде файла и одновременно отображаются на экране. При проведении лабораторных работ на установке с компьютером необходимо включить компьютер и запустить файл СИПТН.exe; после запуска программы, установить интервал запроса и нажать кнопку «Установить»

После завершения работ необходимо выполнить следующие операции.

1 .Выключить компрессор, нажав красную кнопку ВЫКЛ.

2.Закрыть программу и выключить компьютер.

3. Включить прибор «Сосна002».
4. Выключить автоматический выключатель.
5. Закрыть кран подачи воды от водопроводной магистрали к коллектору 18.
6. Вентили подачи воды в конденсатор и испаритель, во избежание перегрева конденсатора и переохлаждения испарителя, при повторном включении, рекомендуется не закрывать. В конденсаторе и испарителе, в процессе проведения работ, всегда должна находиться вода.

ПРИ РАБОТАЮЩЕМ СТЕНДЕ ВОСПРЕЩАЕТСЯ

- перемещать термомпары, размещённые на стенде; производить ремонтные работы;
- допускать попадание воды на компрессор, ресивер, приборы и другие элементы теплового насоса;
- отключать провод, соединяющий корпус стенда с заземляющим контуром;
- деформировать капиллярную трубку, идущую от термореле к выходу испарителя;
- подтягивать муфты, соединяющие трубопроводы, шланги подачи воды к стенду;
- работать тепловому насосу при давлении на линии нагнетания более 18 атмосфер (1,8 МПа).

Если, при достижении давления выше 1,8 МПа компрессор не отключится, выключить его вручную, поставив автоматический выключатель в положение ВЫКЛ.

4. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. По температуре воды до и после конденсатора, его расходу вычисляется q_1 :

$$q_1 = G_k \cdot c_w \cdot (T_{10} - T_9), \text{ Вт};$$

c_w - теплоемкость воды ($c_w = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$);

G_k - расход воды через конденсатор, кг/с.

2. По температуре воды до и после испарителя, его расходу вычисляется q_2 :

$$q_2 = G_u \cdot c_w \cdot (T_{12} - T_9), \text{ Вт};$$

c_w - теплоемкость воды ($c_w = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$);

G_u - расход воды через испаритель, кг/с.

3. Определяется мощность компрессора для идеального обратного цикла Карно,

$$L_k = q_1 - q_2, \text{ Вт}$$

4. По формуле (2) определяется отопительный коэффициент.

5. Все полученные данные заносятся в таблицу.

Таблица опытных и расчетных данных.

Температуры, °С			Расход воды через конден- сатор при t=60сек	Расход воды через испари- тель при t=60сек	Количество тепла, Вт		Мощ- ность комп- рессора L _k , Вт	Отопи- тель- ный коэф- фици- ент φ
T ₉	T ₁₀	T ₁₂	G _к , кг/с	G _и , кг/с	q ₁	q ₂		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

[вернуться к оглавлению](#)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОТОПЛЕНИЕ И
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ОБЪЕКТОВ И ИНДИВИДУАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» НА
ТЕМУ «ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА»**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»**

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового проектирования по дисциплине
“Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства“ на тему
"Отопление и теплоснабжение индивидуального жилого дома"
для студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»

Брест 2025

Настоящие методические указания для выполнения курсовой работы по отоплению и теплоснабжению индивидуального жилого дома составлены в соответствии с программой курса “Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства” для студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»

В работе использованы действующие нормативные документы, изложены объем работы и последовательность выполнения курсовой работы, примеры расчетов.

Составили: В.Г. Новосельцев, к.т.н., доцент,
Д.В. Новосельцева, к.т.н., доцент.

Рецензент: Ю.Н. НОВИК, начальник отдела экспертизы инженерного обеспечения управления экспертизы проектно-сметной документации дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области»

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	129
2. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯМИ.....	130
3 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	137
3.1 Конструирование системы напольного отопления	138
3.2 Конструирование радиаторной системы отопления	143
4 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	145
4.1 Тепловой расчёт тёплого пола	145
4. 2 Тепловой расчет радиаторной системы отопления.....	152
5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ.....	155
5.1 Гидравлический расчет теплого пола	155
5.2 Гидравлический расчет системы водяного отопления.....	159
6. ВЫБОР СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ.....	164
ЛИТЕРАТУРА.....	170
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА η_1	171
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 - РАСЧЕТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И КРАТНОСТЬ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	172
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА.....	173
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – ДОПУСТИМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛА.....	175
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – ТЕПЛОВОЙ ПОТОК ОТ ТРУБ ТЕПЛОГО ПОЛА	176
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ	179
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАПАНОВ VALTES	180
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 – ПЛОТНОСТЬ И ТЕПЛОЁМКОСТЬ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	181
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 – ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБ...	182
ПРИЛОЖЕНИЕ 10 – КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ.....	188
ПРИЛОЖЕНИЕ 11 – ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ И ЗАПОРНЫХ КЛАПАНОВ.....	189

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В курсовой работе требуется разработать систему водяного отопления и систему теплоснабжения индивидуального жилого дома.

Исходными данными являются: район строительства, планы этажей дома, ориентация его главного фасада по сторонам света, тип системы отопления, температура воды в системе отопления ($t_{\text{Г}}$ и $t_{\text{О}}$, °C), тип отопительных приборов.

В состав курсовой работы входит пояснительная записка (до 40 страниц) и графическая часть (1 чертеж формата А1). Пояснительная записка включает следующие разделы:

Титульный лист, задание с исходными данными, реферат, содержание, введение;

1. Расчет потерь теплоты помещениями;
 2. Конструирование системы водяного отопления;
 3. Тепловой расчет;
 4. Гидравлический расчет системы водяного отопления;
 5. Выбор схемы теплоснабжения. Подбор оборудования.
- Заключение; Список использованной литературы.

Графическая часть содержит:

1. План первого и второго этажа с нанесением элементов системы отопления (М 1:100);
2. Аксонометрическую схему теплопроводов системы отопления с указанием номеров расчетных участков, их длины и диаметров, уклонов, с установкой запорной, регулировочной и балансирующей арматуры, устройств для выпуска воздуха, опорожнения системы (М произвольный);
3. Узлы системы отопления (М произвольный);

2. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯМИ

Для определения тепловой мощности системы отопления определяют общие потери теплоты для расчетных зимних условий:

$$Q_o = \sum Q + Q_{инф} - Q_{быт} \cdot (1 - \eta_1), Вт \quad (2.1)$$

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

$Q_{инф}$ – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося предварительно не нагретого наружного воздуха через приточные клапаны, Вт;

$Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения, регулярно поступающие в помещения здания от электрических приборов, освещения, людей и других источников, Вт. В комнатах и кухнях жилых домов при обеспеченности жильем 20 м² общей площади квартир и менее на 1 чел. – 9 Вт/м²; то же 45 м² общей площади квартир и более на 1 чел. – 3 Вт/м²; для других значений обеспеченности жильем — интерполяцией по значениям 3 и 9 Вт/м² [3, п.6.2.1.9]

η_1 – коэффициент, принимаемый по [1, табл.К.3] в зависимости от типа системы отопления и способа регулирования (приложение 1 методических указаний).

Расчет теплопотерь производят через все ограждающие конструкции для каждого помещения в отдельности. Потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции помещений не учитывают, если разность температур воздуха в этих помещениях равна 3°С и менее [1, п.6.1.1]. Перед началом расчета тепловых потерь все помещения дома нумеруют. Подсобные помещения (кладовые, коридоры, санузлы, ваннные комнаты и т.п.), не имеющие вертикальных наружных ограждений, можно не нумеровать. Теплопотери этих помещений обычно относят к смежным с ними помещениям и учитывают в тепловом расчете.

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

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_g - t_n) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, Вт \quad (2.2)$$

где F – расчетная площадь ограждения, м²;

t_g – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая для жилых зданий по [2, приложение Г, табл. Г.1], (приложение 2 методических указаний);

t_n – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные огражда-

ющие конструкции, принимаемая по [1, приложение Г, табл. Г.1] (приложение 3 методических указаний) или температура воздуха более холодного помещения - при расчете потерь теплоты через внутренние ограждающие конструкции;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый по [4, табл.6.2];

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

а) для наружных вертикальных и наклонных стен, дверей и окон, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад $\beta = 0,1$; на юго-восток и запад $\beta = 0,05$; на юг и юго-запад $\beta = 0$;

б) в угловых помещениях — дополнительно по 0,05 на каждую стену, дверь и окно.

R – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, определяют по [5, табл.7.1.] (кроме полов на грунте).

Сопротивление теплопередаче для полов следует определять:

а) для неутепленных полов на грунте и стен ниже уровня земли с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая R_z , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, равным: 2,1 – для первой зоны; 4,3 – для второй зоны; 8,6 – для третьей зоны; 14,2 – для четвертой оставшейся площади пола.

б) для утепленных полов на грунте и стен ниже уровня земли — с утепляющим слоем толщиной δ , м, и коэффициентом теплопроводности $\lambda < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ – по формуле:

$$R_{\Pi} = R_z + \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.3)$$

в) для полов на лагах — по формуле:

$$R_{\Pi} = 1,18 \cdot \left(R_z + \frac{\delta}{\lambda} \right) \quad (2.4)$$

Расход теплоты на нагрев поступающего предварительно не нагретого наружного воздуха в жилые помещения в результате действия вытяжной вентиляции:

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho_{\text{в}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot k, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

где L_n – расход предварительно не нагреваемого приточного инфильтрующегося воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по [2, прил. Г, табл. Г1] (приложение 2 методических указаний);

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

$$\rho = \frac{353}{273 + t_{\text{в}}}, \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (2.6)$$

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

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

Окончательное решение о расчетном расходе теплоты на нагревание воздуха, поступающего в жилые помещения, необходимо делать после сравнения суммарного расхода приточного инфильтрующегося воздуха с необходимым воздухообменом дома.

Расчет потерь теплоты сводят в таблицу 2.1.

Линейные размеры ограждения определяют следующим образом:

- 1) площадь окон, дверей – по размерам строительных проемов в свету;
- 2) площади полов над холодным пространством и потолков – по размерам между осями внутренних стен или от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен;
- 3) высота стен первого этажа:
 - при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте – от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;
 - при наличии пола, расположенного над подвалом, от нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;
- 4) высота стен промежуточного этажа – между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;
- 5) высота стен верхнего этажа – от уровня чистого пола до верха чердачного перекрытия или верха бесчердачного покрытия.
- 6) длина наружных стен неугловых помещений – между осями внутренних стен; а угловых помещений – от кромки наружного угла до оси внутренних стен;
- 7) длина внутренних стен – по размерам между осями внутренних стен.

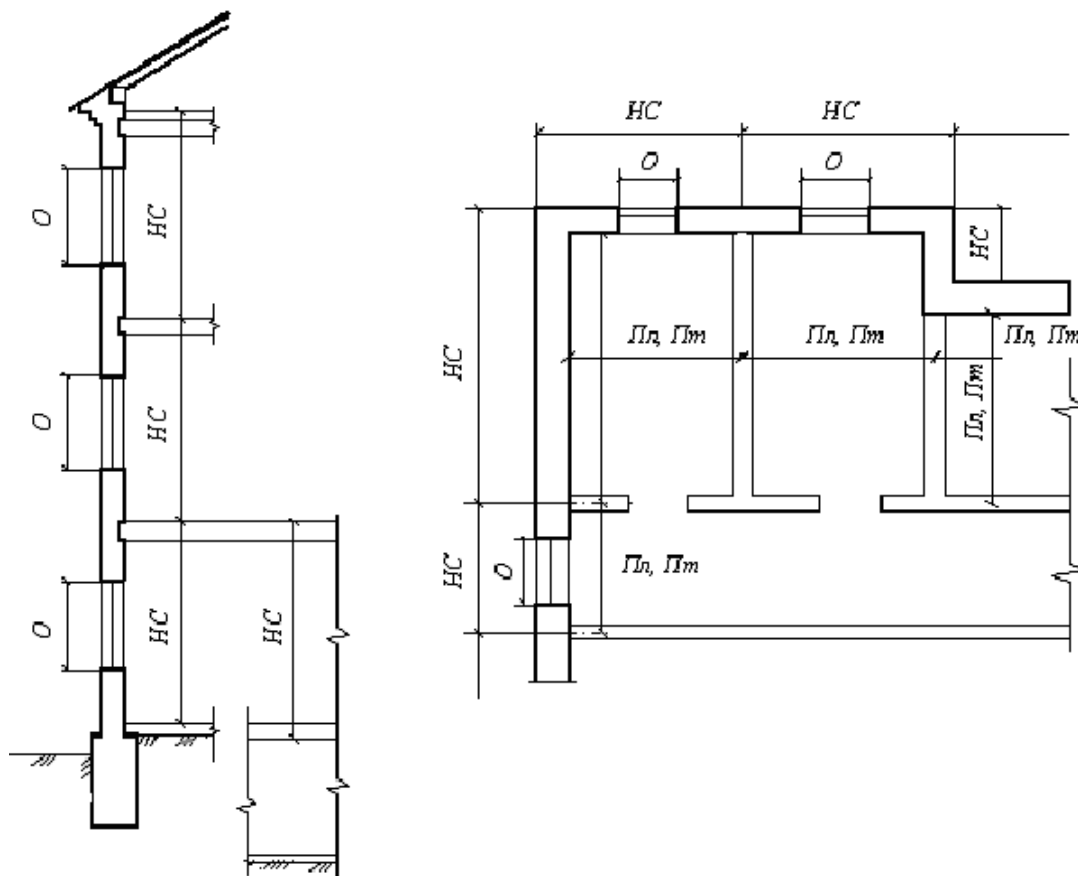


Рисунок 2.1 – Правила обмера площадей в плане и по высоте здания

ПРИМЕР 1. Определить тепловые потери для первого этажа двухэтажного индивидуального жилого дома без подвала, ориентированного главным фасадом на восток, расположенного в городе Бресте. План 1 этажа дома с основными строительными размерами показан на рисунке 2. Сопротивление теплопередаче для наружной стены $R_o = 3,4 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, окон (стеклопакетов с тройным остеклением) $R_o = 1 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Толщина междуэтажного перекрытия – 0,3м, высота этажа от пола до потолка – 2,7м. Толщина утеплителя $\delta=0,1 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности утеплителя $\lambda=0,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

Решение. По таблицам приложений методических указаний определяем: температуру внутреннего воздуха, расчетную температуру наружного воздуха

$t_n = -21^\circ\text{C}$; коэффициент $n = 1$.

Разбиваем пол на зоны шириной 2м, начиная от края наружных стен. Определяем сопротивление теплопередаче каждой зоны, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, по формуле (2.3):

$$R_{\Pi}^1 = R_z^1 + \frac{\delta}{\lambda} = 2,1 + \frac{0,1}{0,04} = 4,6$$

$$R_{\Pi}^2 = R_z^2 + \frac{\delta}{\lambda} = 4,3 + \frac{0,1}{0,04} = 6,8$$

Определяем плотности внутреннего воздуха по формуле (2.6):

$$\rho_{+20} = \frac{353}{273 + 20} = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \rho_{+18} = \frac{353}{273 + 18} = 1,213 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

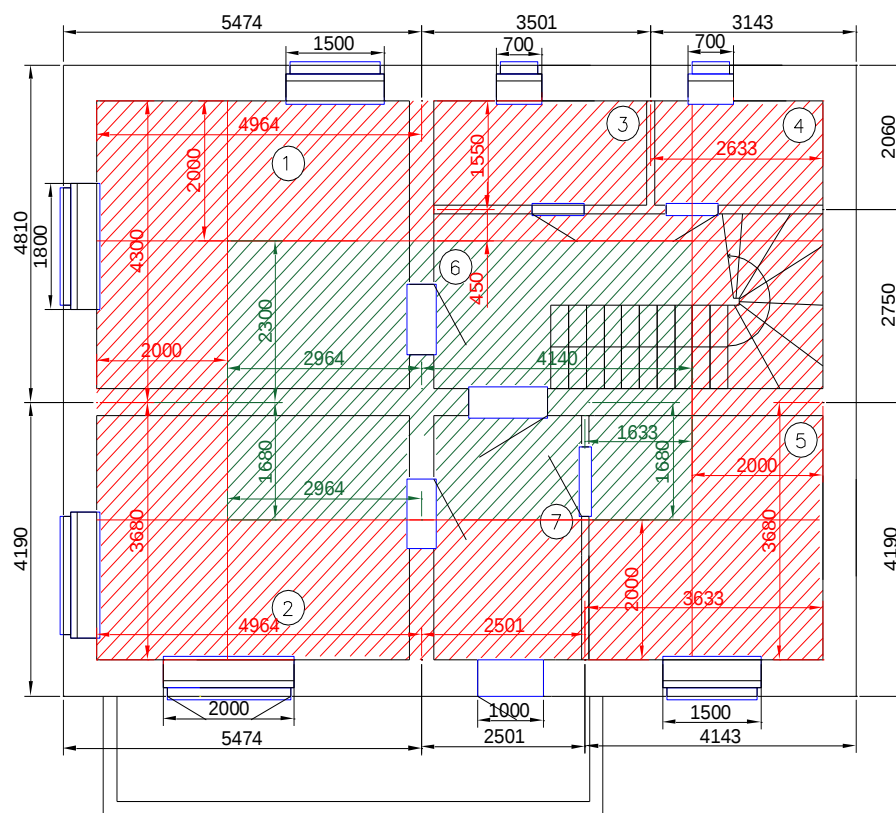


Рисунок 2.2 – План дома с вынесенными размерами ограждающих конструкций

Необходимые воздухообмены по [2] (приложение 2 методических указаний) кухни $L_K = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$, санузла $L_{\text{СУ}} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$, ванной $L_B = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Воздухообмен по величине жилой площади дома (на первом этаже одна жилая комната – гостиная):

$$L_{\text{ЖК}} = 3 \cdot F_{\text{ЖК}} = 3 \cdot 19,62 = 58,86 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Суммарное количество воздуха, уходящего из кухни L_K , ванной L_B , санузла $L_{\text{СУ}}$, должно быть не менее необходимого воздухообмена жилых комнат квартиры:

$$L_K + L_B + L_{\text{СУ}} > L_{\text{ЖК}} \\ 90 + 25 + 25 = 140 > 58,86$$

Принимаем воздухообмен первого этажа дома равным $140 \text{ м}^3/\text{ч}$. Приток обеспечиваем через оконные приточные клапаны жилых комнат.

Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося в помещение гостиной наружного воздуха по формуле (2.5):

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho_v \cdot c \cdot (t_v - t_n) \cdot k = 0,28 \cdot 140 \cdot 1,205 \cdot 1 \cdot (20 - (-21)) \cdot 1 = 1937 \text{ Вт}$$

В котельной необходимо обеспечить однократный воздухообмен, при условии установки газового котла с закрытой камерой сгорания. Объем

котельной равен $12,47 \cdot 2,7 = 33,67 \text{ м}^3$, соответственно воздухообмен равен $33,67 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося в помещение котельной наружного воздуха по формуле (2.5):

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho_{\text{в}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot k = 0,28 \cdot 33,67 \cdot 1,205 \cdot 1 \cdot (20 - (-21)) \cdot 1 = 466 \text{ Вт}$$

Расчеты сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет потерь теплоты

№ помещения	Назначение помещения, тв °С, Гп, м²	Данные по ограждающей конструкции				Коэффициент теплопередачи 1/Rт, Вт/(м²·°С)	Разность температур (тв- тн), °С	Поправочный коэффициент n	Добавочные теплопотери β			Основные и добавочные потери теплоты Q, Вт	Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха Qинф, Вт	Бытовые тепловыделения Qбыт*(1-η), Вт	Общие потери теплоты помещения Qо, Вт	
		Наименование ограждения	Ориентация по сторонам света	Расчетные размеры, м					Площадь F, м²	На ориентацию	другие					Суммарный коэффициент (1+β)
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Гостиная, 20; 19,62	нс	ю	4,81	3,00	11,73	0,29	41	1,0	0,00	0,05	1,05	149	1937	35	2662
		нс	з	5,47	3,00	14,17	0,29	41	1,0	0,05	0,05	1,10	188			
		то	ю	1,80	1,50	2,70	1,00	41	1,0	0,00	0,05	1,05	116			
		то	з	1,50	1,50	2,25	1,00	41	1,0	0,05	0,05	1,10	101			
		пл	1 зона	4,30	2,00	18,53	0,22	41	1,0	0,00	0,00	1,00	165			
				4,96	2,00											
			2 зона	2,30	2,96	6,82	0,15	41	1,0	0,00	0,00	1,00	41			
												760				
2	Кухня, 20; 16,65	нс	ю	4,19	3,00	9,87	0,29	41	1,0	0,00	0,05	1,05	125	0	30	789
		нс	в	5,47	3,00	11,42	0,29	41	1,0	0,10	0,05	1,15	158			
		то	ю	1,80	1,50	2,70	1,00	41	1,0	0,00	0,05	1,05	116			
		то	в	2,00	2,50	5,00	1,00	41	1,0	0,10	0,05	1,15	236			
		пл	1 зона	3,68	2,00	17,29	0,22	41	1,0	0,00	0,00	1,00	154			
				4,96	2,00											
			2 зона	1,68	2,96	4,98	0,15	41	1,0	0,00	0,00	1,00	30			
												819				
3	Ванная, 23; 4,84	нс	з	3,50	3,00	10,01	0,29	46	1,0	0,05	0,00	1,05	142	0	0	220
		то	з	0,70	0,70	0,49	1,00	46	1,0	0,05	0,00	1,05	24			
		пл	1 зона	1,55	3,50	5,43	0,22	46	1,0	0,00	0,00	1,00	54			
												220				
4	Санузел, 20; 3,83	нс	з	3,14	3,00	9,43	0,29	41	1,0	0,05	0,05	1,10	125	0	0	290
		нс	с	2,06	3,00	5,69	0,29	41	1,0	0,10	0,05	1,15	79			
		то	з	0,70	0,70	0,49	1,00	41	1,0	0,05	0,05	1,10	22			
		пл	1 зона	1,55	2,00	7,18	0,22	41	1,0	0,00	0,00	1,00	64			
				2,63	1,55											
												290				
5	Котельня я, 20; 12,47	нс	с	4,19	3,00	12,57	0,29	41	1,0	0,10	0,05	1,15	174	466	22	1012
		нс	в	4,14	3,00	10,18	0,29	41	1,0	0,10	0,05	1,15	141			
		то	в	1,50	1,50	2,25	1,00	41	1,0	0,10	0,05	1,15	106			
		пл	1 зона	3,68	2,00	14,63	0,22	41	1,0	0,00	0,00	1,00	130			
				3,63	2,00											
			2 зона	1,68	1,63	2,74	0,15	41	1,0	0,00	0,00	1,00	17			
												568				
6	Холл, 18	нс	с	2,75	3,00	8,25	0,29	39	1,0	0,10	0,00	1,10	104	0	0	229
		пл	1 зона	0,45	6,14	2,76	0,22	39	1,0	0,00	0,00	1,00	23			
				2,75	2,00	5,50	0,22	39	1,0	0,00	0,00	1,00	47			
			2 зона	2,30	4,14	9,52	0,15	39	1,0	0,00	0,00	1,00	55			
													229			
7	Тамбур, 18	нс	в	2,50	3,00	5,50	0,29	39	1,0	0,10	0,00	1,10	69	0	0	170
		дв	в	1,00	2,00	2,00	0,40	39	1,0	0,10	0,00	1,10	34			
		пл	1 зона	2,50	2,00	5,00	0,22	39	1,0	0,00	0,00	1,00	42			
				2 зона	2,50	1,68	4,20	0,15	39	1,0	0,00	0,00	1,00			

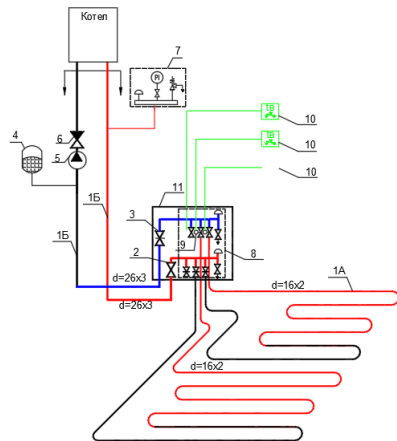
Примечание: Подсчет площадей наружных стен произведен с вычитом площади окон.

3 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Одной из задач конструирования системы водяного отопления индивидуального жилого дома является выбор схемы системы отопления.

Возможны следующие схемы системы водяного отопления:

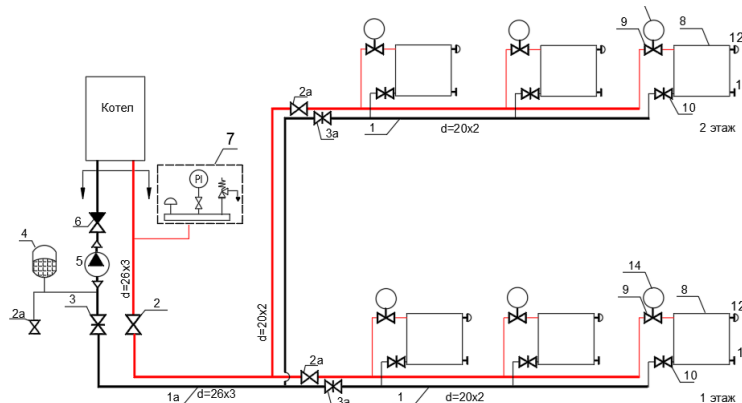
1. Отопление при помощи «теплого пола» (рисунок 3.1)



- 1А – контур теплого пола
- 2 – кран шаровый
- 3 – вентиль прямоточный
- 4 – бак мембранный
- 5 – насос циркуляционный
- 6 – клапан обратный
- 7 – группа безопасности
- 8 – блок коллекторный
- 9 – сервопривод электротермический
- 10 – комнатный термостат
- 11 – шкаф распределительный

Рисунок 3.1 – Схема отопления дома при помощи «теплого пола»

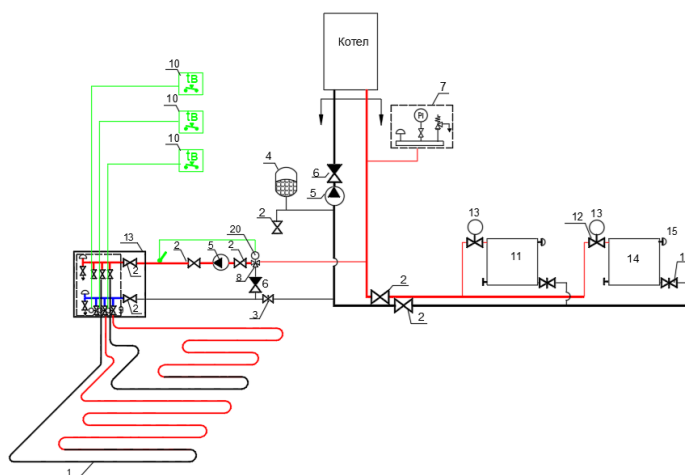
2. Радиаторная система отопления (рисунок 3.2)



- 1,1а – труба металлополимерная
- 2, 2а – кран шаровый
- 3, 3а – вентиль прямоточный
- 4 – бак мембранный
- 5 – насос циркуляционный
- 6 – клапан обратный
- 7 – группа безопасности
- 8 – радиатор
- 9 – клапан термостатический
- 10 – клапан запорный
- 11 – пробка радиаторная
- 12 – воздухоотводчик

Рисунок 3.2 – Схема радиаторной системы отопления

3. Комбинированная система отопления (рисунок 3.3)



- 1 – контур теплого пола
- 2 – кран шаровый
- 3 – вентиль прямоточный
- 4 – бак мембранный
- 5 – насос циркуляционный
- 6 – клапан обратный
- 7 – группа безопасности
- 8 – клапан трехходовой смесительный
- 9 – сервопривод электротермический
- 10 – комнатный термостат
- 11 – радиатор
- 12 – клапан термостатический
- 13 – термостатическая головка
- 14 – клапан запорный
- 15 – воздухоотводчик

Рисунок 3.3 – Схема комбинированной системы отопления

3.1 Конструирование системы напольного отопления

Конструктивные решения водяных тёплых полов

При устройстве водяных тёплых полов применяются два варианта конструктивных решений:

— «мокрый» способ, при котором нагревательным элементом становится монолитная плита из бетона или цементно-песчаного раствора с встроенными греющими трубопроводами (см. рисунок 3.4);

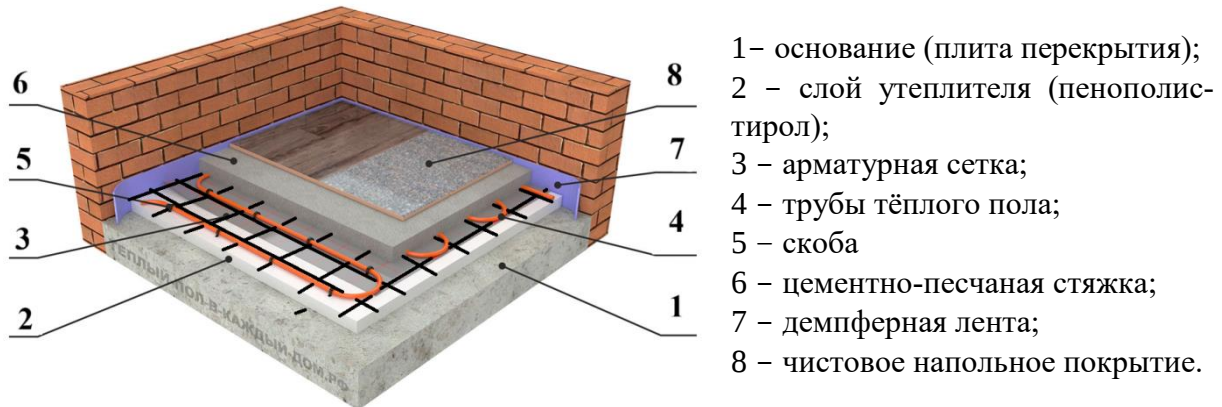


Рисунок 3.4 – Конструкция «мокрого» тёплого пола

— «сухой» способ. В этом случае монолитная плита отсутствует, а равномерное распределение тепла от трубопроводов обеспечивается алюминиевыми или стальными оцинкованными теплораспределяющими пластинами (см. рисунок 3.5). Такая конструкция, как правило, используется при деревянных перекрытиях для облегчения общей нагрузки на балки перекрытия.

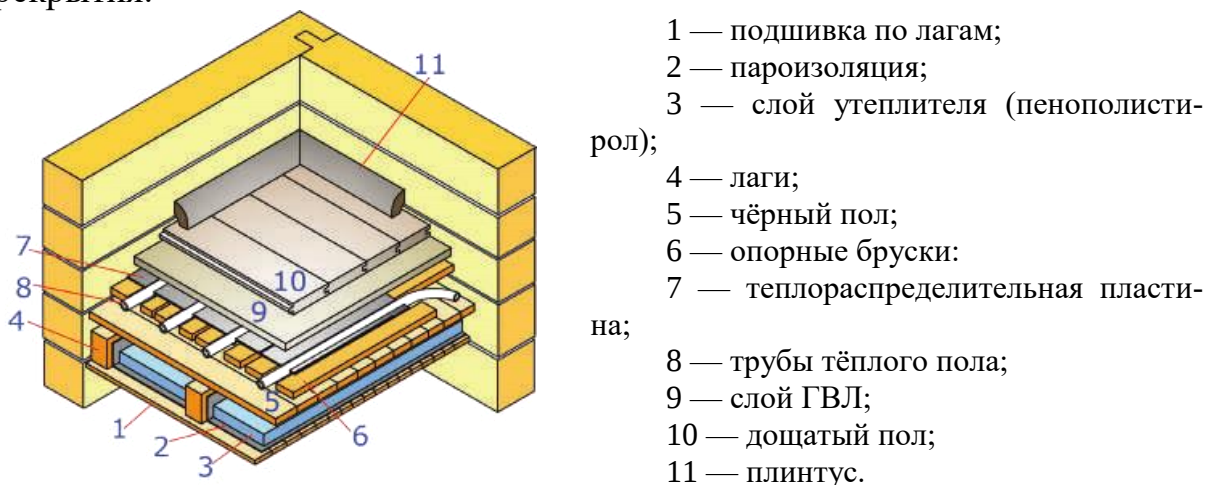


Рисунок 3.5. – Конструкция «сухого» тёплого пола

Арматурная сетка в конструкции мокрого тёплого пола укладывается поверх слоя утеплителя. Сетка выполняет следующие функции:

- воспринимает растягивающие усилия при прогибах плиты тёплого пола;

- перекрывает каналы в слое утеплителя, когда в конструкции пола проложены трубопроводы других систем (радиаторное отопление, водопровод, канализация) (см. рисунок 3.6);
- является удобным каркасом для крепления труб тёплого пола.

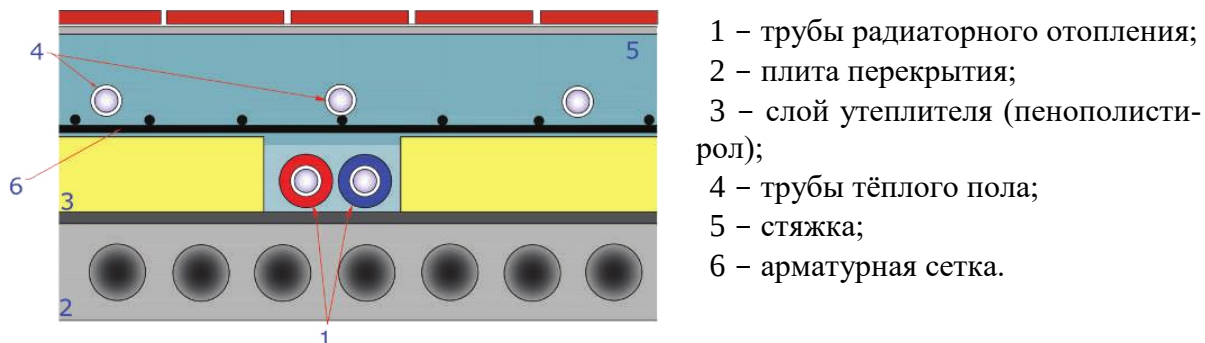


Рисунок 3.6 – Прокладка трубопроводов других инженерных систем в конструкции тёплого пола

Трубы для устройства тёплого пола

Для устройства водяного тёплого пола в квартирах и коттеджах применяются трубы из сшитого полиэтилена (PE-X), трубы из полиэтилена повышенной термостойкости (PE-RT), металлополимерные трубы (PE-X/AL/PE-X) диаметром 16×2мм, 18×2мм и 20×2мм.

Наиболее удобны в монтаже металлополимерные трубы, в которых между слоями сшитого полиэтилена заключён слой алюминиевой фольги. Благодаря алюминию труба сохраняет приданную ей форму, меньше подвержена температурным деформациям и на 100% защищена от диффузии кислорода в теплоноситель. Трубы из PE-X/EVON и PE-RT не сохраняют приданную им форму, поэтому при раскладке петель тёплого пола их надо немедленно надёжно фиксировать.

Способы раскладки петель тёплого пола

Шаг петель тёплого пола и диаметр труб должны определяться теплотехническими и гидравлическими расчётами.

Шаг укладки труб следует принимать равным от 100 до 300 мм. Следует учесть, что шаг петель менее 100 мм трудно осуществить на практике из-за маленького радиуса изгиба трубы, а шаг более 300 мм не рекомендуется, так как возникает ощутимая неравномерность прогрева тёплого пола.

Существует несколько способов раскладки петель тёплого пола по помещению (рисунок 3.7). Наиболее предпочтительным вариантом является укладка двойным меандром («улиткой»). По сравнению с раскладкой «змейкой» этот вариант имеет следующие преимущества:

- количество труб на 10-12% меньше;
- гидравлические потери ниже на 13-15%. Это объясняется тем, что при двойном меандре значительно меньше «калачей» (элементов поворота трубы на 180°);

- прогрев пола идёт более равномерно по всей площади из-за чередования подающей и обратной труб. Однако из-за этого же при такой раскладке не следует задавать расчётный перепад температур теплоносителя выше 5°C .

Трубы тёплого пола нужно раскладывать таким образом, чтобы теплоноситель сначала поступал к наиболее холодным зонам помещения (окна, наружные стены). Трубы укладываются с отступом от стен и перегородок на 150 мм.

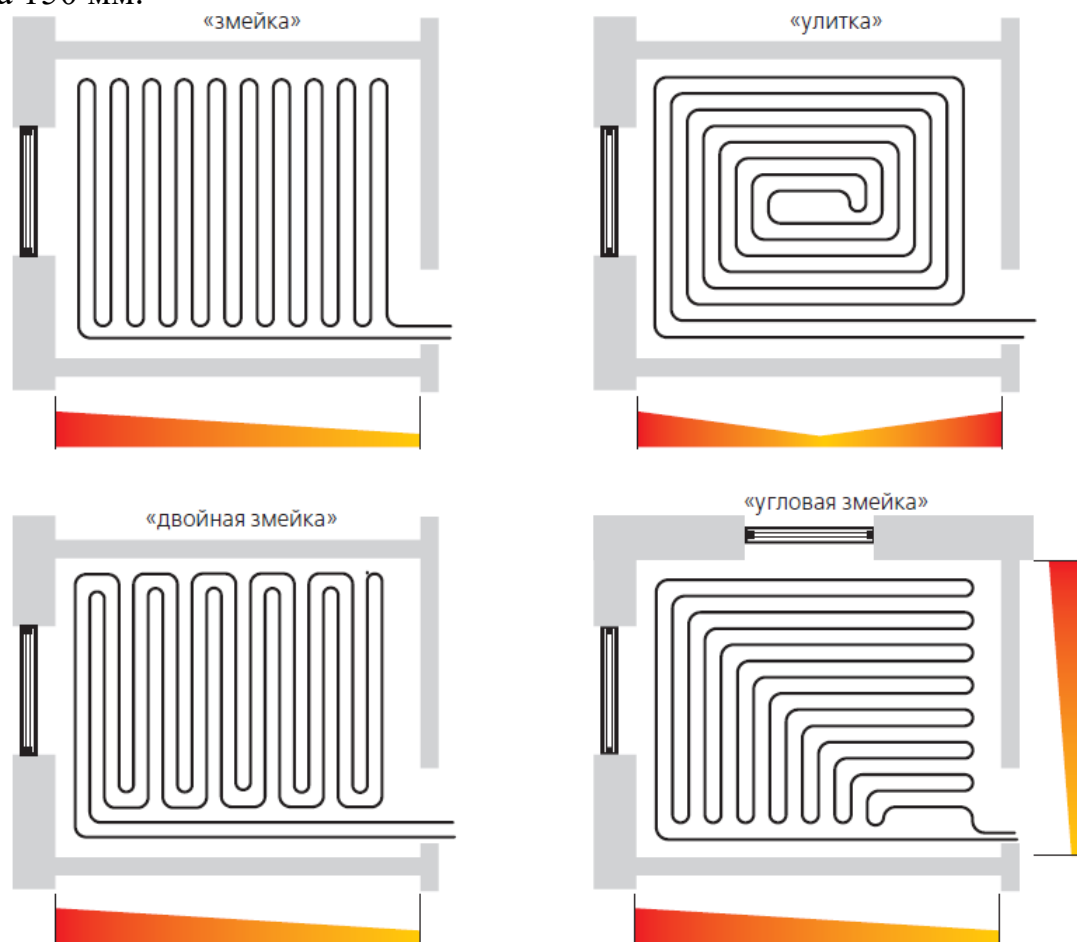


Рисунок 3.7 – Способы раскладки петель теплого пола

Максимальная длина одной петли тёплого пола определяется возможностями циркуляционного насоса. Для коттеджных и квартирных систем экономически целесообразной считается система напольного отопления, расчётные потери давления в которой не превышают 20 кПа (2 м вод. ст.).

Подводящие участки труб от коллектора до обслуживаемого петлёй помещения следует теплоизолировать с помощью трубной изоляции или гофрокожуха. Это делается по двум причинам:

- во избежание перегрева пола на участках прокладки подводящих трубопроводов;
- теплотери на подводящих участках, как правило, не учитываются при теплотехнических расчётах тёплого пола, а они, при достаточной удалённости петли от коллектора, могут быть весьма значительны.

Минимальный радиус изгиба труб диаметром 16×2мм и 20×2мм (с применением пружины для гибки) составляет $5D_n$.

Устройство краевых зон

В случае, когда напольное отопление не может полностью восполнить теплопотери помещения, можно попытаться компенсировать недостачу тепловой энергии устройством краевых зон. Краевые зоны — это участки тёплого пола с повышенной температурой поверхности пола, которые устраивают, как правило, вдоль наружных стен на ширину не более 1 м.

Повысить удельный тепловой поток в краевых зонах можно несколькими способами:

- уменьшить шаг труб (рисунок 3.8 а);
- использовать отдельную петлю с повышенной температурой теплоносителя (рисунок 3.8 б);
- использовать отдельную петлю с увеличенным диаметром трубы;
- использовать отдельную петлю с повышенной температурой теплоносителя, уменьшенным шагом и увеличенным диаметром труб.

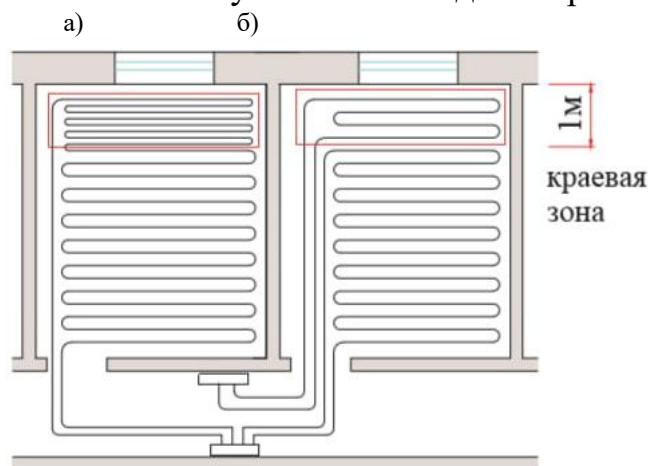


Рисунок 3.8 – Варианты устройства краевых зон тёплого пола

Применение отдельных петель с повышенной температурой теплоносителя имеет смысл использовать, когда имеется несколько помещений с краевыми зонами. В этом случае трубопроводы краевых зон можно обслуживать отдельным насосно-смесительным узлом.

В любом случае, температура поверхности пола в краевых зонах не должна превышать 33°C , а также температуры, на которую рассчитано финишное напольное покрытие.

Устройство деформационных швов

Толщина деформационного шва в тёплых полах, выполненных по «мокрому» методу, рассчитывается, исходя из коэффициента линейного расширения цементно-песчаной стяжки $\alpha_{ст}=13 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$.

Для помещений с длинной стороной менее 10 м достаточно использовать шов толщиной 5 мм.

Деформационные швы в «мокрых» тёплых полах заполняются эластичным материалом расчётной толщины. Рекомендуется использовать для швов демпферную ленту из вспененного полиэтилена.

В случае использования в качестве шовного материала типовой ленты из вспененного полиэтилена толщиной 5 мм, необходимо устраивать деформационные швы в следующих местах:

- вдоль стен и перегородок;
- при размере плиты пола более 40 м²;
- по центру дверных проёмов (под порогом). Если тёплый пол расположен с двух сторон дверного проёма, то демпферная лента под порогом укладывается в два слоя;
- при длине пола свыше 8 м;
- в местах входящих углов.

Трубы, пересекающие деформационный шов, должны быть проложены в гофрированной трубе на расстоянии по 200 мм по обе стороны от шва. Идеальным является решение, когда труба пересекает шов под углом 45° (рисунок 3.9 а)

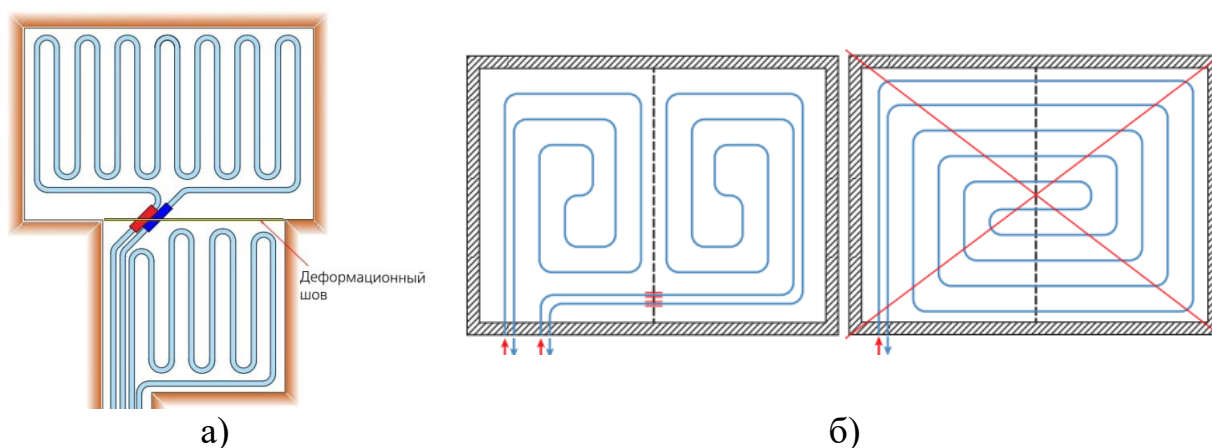


Рисунок 3.9 – Варианты устройства деформационных швов

3.2 Конструирование радиаторной системы отопления

Задачей конструирования системы водяного отопления является правильное размещение отопительных приборов, трубопроводов, устройств для удаления воздуха, запорно-регулирующей арматуры.

Отопительные приборы могут присоединяться к системе отопления по следующим схемам:

- однотрубной;
- двухтрубной тупиковой;
- двухтрубной с попутным движением теплоносителя;
- коллекторной;
- коллекторной лучевой.

В качестве отопительных приборов в индивидуальных жилых домах используют радиаторы или внутрипольные конвекторы.

Отопительные приборы следует размещать, как правило, под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длина отопительного прибора должна быть не менее 50% длины светового проема [1, п.6.4.5]. Если приборы под окнами разместить нельзя, то допускается их установка у наружных или внутренних стен, ближе к наружным. При таком размещении движение восходящего теплового воздуха от отопительных приборов препятствует образованию ниспадающих холодных потоков от окон и холодных поверхностей стен и попаданию их в рабочую зону.

Полная высота отопительного прибора должна быть меньше расстояния от чистого пола до низа подоконной доски (или низа оконного проема при ее отсутствии) на величину не менее 110 мм. Отопительные приборы в жилых домах следует устанавливать ближе к полу помещений на расстоянии 60-100 мм от пола. Это позволяет обеспечивать равномерный прогрев воздуха у поверхности пола и в рабочей зоне.

Присоединение отопительных приборов к системе отопления может быть: одностороннее, разностороннее (диагональное), нижнее. Разностороннее присоединение трубопроводов следует предусматривать при длине радиатора более 2,0 м [1, п.6.4.11].

В жилых зданиях у отопительных приборов следует устанавливать, как правило, автоматические терморегуляторы, обеспечивающие поддержание заданной температуры в каждом помещении и экономию подачи тепла за счет использования внутренних теплоизбытков (бытовые тепловыделения, солнечная радиация) [1, п.6.4.17].

Конструирование системы заканчивают вычерчиванием схемы системы отопления с нанесением тепловых нагрузок отопительных приборов и расчетных участков циркуляционных колец.

Пример запроектированной комбинированной системы отопления показан на рисунках 3.10 и 3.11.

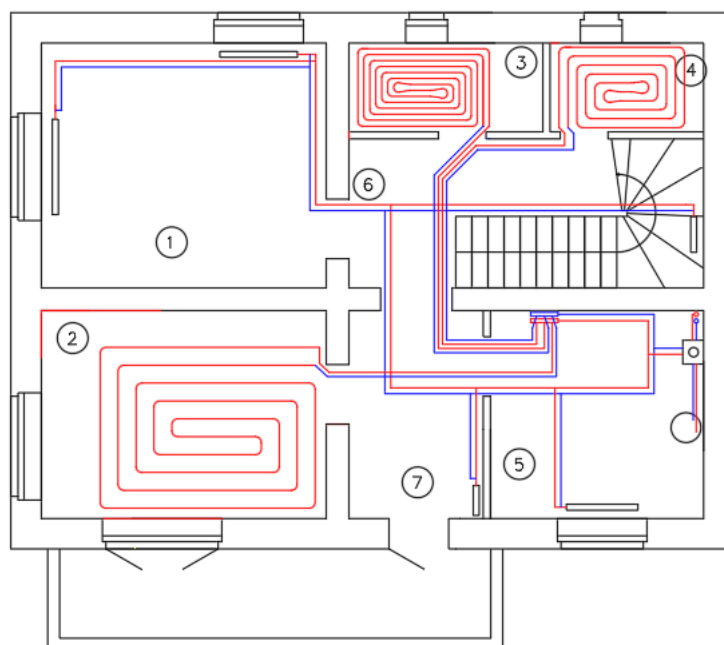


Рисунок 3.7 – План первого этажа дома с нанесением элементов системы отопления

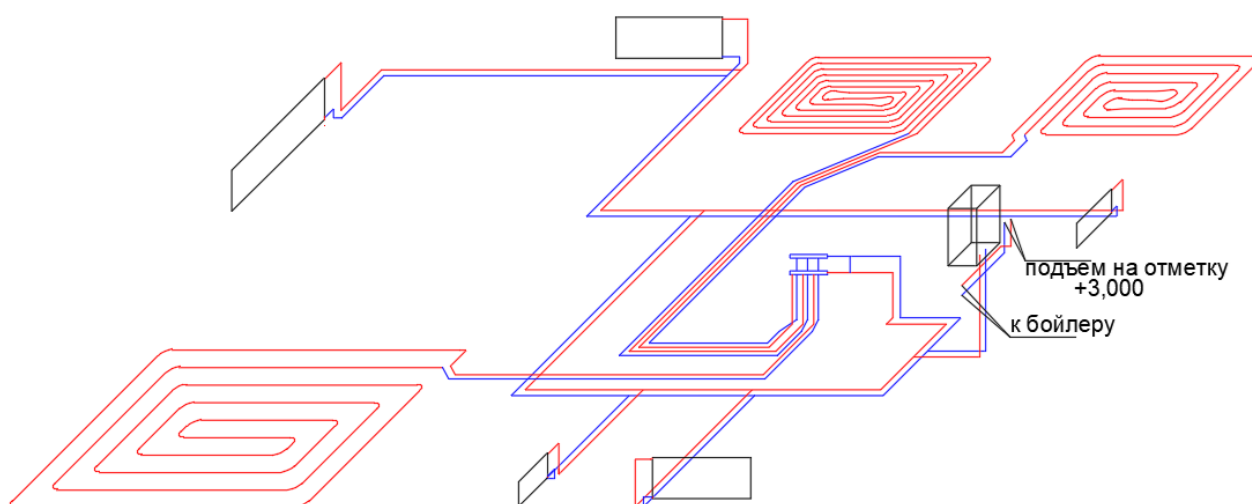


Рисунок 3.8 – Аксонометрическая схема системы отопления первого этажа дома

4 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

4.1 Тепловой расчёт тёплого пола

В ходе теплового расчёта тёплого пола обычно решается одна из следующих задач:

а) определение требуемой средней температуры теплоносителя по известному удельному тепловому потоку, полученному в результате расчёта теплотребности помещения;

б) определение удельного теплового потока от тёплого пола при известной средней температуре теплоносителя.

В случае, когда напольное отопление используется в качестве единственного источника тепла, на первом этапе определяется помещение с наибольшими удельными теплотерями. Для этого помещения производится расчёт по схеме «а», то есть определяется требуемая средняя температура теплоносителя. Для остальных помещений эта температура принимается в качестве заданной величины, и дальнейшие расчёты ведутся по схеме «б».

В обоих случаях определяющим критерием расчёта является температура поверхности пола, которая не должна превышать нормативных величин согласно [1, п.6.2.5] (приложение 4).

Расчет ведется либо по нижеприведенной методике, либо табличным методом (приложение 5, таблицы 1-3).

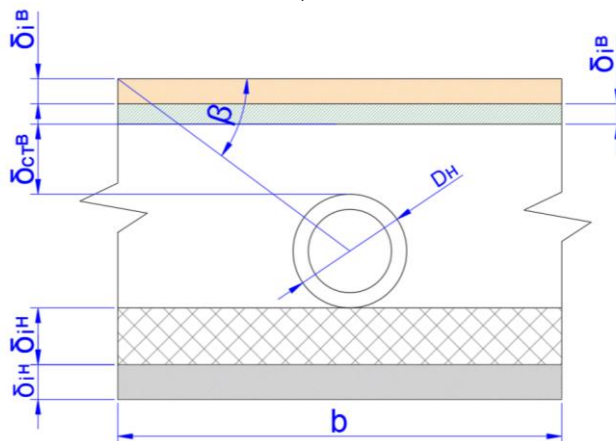


Рисунок 4.1 – Расчетный элемент теплого пола

Если условно вырезать из тёплого пола полосу шириной равной шагу труб (рисунок 4.1), то можно предположить, что тепловой поток одной трубы распределяется только внутри этой зоны. Теплопередачу через боковые грани зоны можно принять нулевой, учитывая, что количество тепла, отданное в соседнюю зону, равно количеству тепла, поступившего из соседней зоны.

Приведённое термическое сопротивление слоёв пола над трубой:

$$R_B = \frac{\delta_{ст}^B}{\lambda_{ст}^B} + \sum \frac{\delta_i^B}{\lambda_i^B} + \frac{1}{\alpha^B}, \text{ м}^2\text{C/Bm} \quad (4.1)$$

где: $\lambda_{\text{ст}}^{\text{В}}$ — коэффициент теплопроводности стяжки над трубой, Вт/м °С;
 $\lambda_i^{\text{В}}$ — коэффициенты теплопроводности слоёв пола над трубой, Вт/м °С;

$\delta_{\text{ст}}^{\text{В}}$ — толщина стяжки над трубой, м;

$\delta_i^{\text{В}}$ — толщина слоёв пола над трубой, м;

$\alpha^{\text{В}}$ — коэффициент теплоотдачи поверхности пола, Вт/м² °С. Этот коэффициент является функцией от температуры поверхности пола $t_{\text{п}}$. Для диапазона температур поверхности пола 24÷35 °С этот коэффициент можно принять 10,8 Вт/м² °С.

Приведённое термическое сопротивление слоёв пола под трубой:

$$R_{\text{Н}} = \sum \frac{\delta_i^{\text{Н}}}{\lambda_i^{\text{Н}}} + \frac{1}{\alpha^{\text{Н}}}, \text{ м}^2\text{°С/Вт} \quad (4.2)$$

где: $\lambda_i^{\text{Н}}$ — коэффициенты теплопроводности слоёв пола под трубой, Вт/м °С;

$\delta_i^{\text{Н}}$ — толщина слоёв пола под трубой, м;

$\alpha^{\text{Н}}$ — коэффициент теплоотдачи поверхности потолка нижележащего помещения, Вт/м² °С. Коэффициент теплоотдачи нижней поверхности конструкции (если полы не по грунту) для гладких и малоорёбрённых потолков ($h/a \leq 0,3$) принимается равной 8,7 Вт/(м² °С), для сильноорёбрённых потолков - 7,6 Вт/(м² °С).

Для полов по грунту приведенное сопротивление теплопередаче слоев пола под трубой следует считать по формуле:

$$R_{\text{Н}} = 2,1 + \sum \frac{\delta_i^{\text{Н}}}{\lambda_i^{\text{Н}}}, \text{ м}^2\text{°С/Вт} \quad (4.3)$$

Второе слагаемой в этой формуле учитывает толщины и коэффициенты теплопроводности только теплоизоляционных слоёв ($\lambda < 1,2$ Вт/м °С)

Приведённое сопротивление теплопередаче стенок трубы:

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_{\text{вн}} \cdot d_{\text{вн}}} + \frac{\ln \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}}}{2\pi \cdot \lambda_{\text{тр}}^{\text{ст}}}, \text{ м}^2\text{°С/Вт} \quad (4.4)$$

где: $\alpha_{\text{вн}}$ — коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности трубы, принимаемый 400 Вт/м² °С;

$d_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр трубы, м;

$d_{\text{н}}$ — наружный диаметр трубы, м;

$\lambda_{\text{тр}}^{\text{ст}}$ — коэффициент теплопроводности материала стенок трубы, Вт/м °С. Для полиэтиленовой трубы $\lambda_{\text{тр}}^{\text{ст}} = 0,38$ Вт/м °С, для металлополимерной трубы $\lambda_{\text{тр}}^{\text{ст}} = 0,45$ Вт/м °С.

А) Решение задачи по определению требуемой температуры теплоносителя по известному удельному тепловому потоку по направлению вверх $q_{\text{в}}$.

1) Определяем температуру стенки трубы по выражению:

$$t_{\text{тр}}^{\text{ст}} = q_{\text{в}} \cdot R_{\text{в}} + t_{\text{в}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.5)$$

2) Определяем удельный тепловой поток по направлению вниз:

$$q_{\text{н}} = \frac{t_{\text{тр}}^{\text{ст}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{н}}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (4.6)$$

где: $t_{\text{н}}$ — температура воздуха в нижележащем помещении, либо расчётная наружная температура (при расчете пола по грунту) принимаемая равной: • для первой зоны — расчётной температуре наружного воздуха для зимнего периода; • для второй зоны — минус 7 °С; • для третьей зоны — плюс 5 °С; • для четвёртой зоны — плюс 14 °С.

3) Зная температуру стенки трубы $t_{\text{тр}}^{\text{ст}}$ и суммарный удельный тепловой поток $q = q_{\text{в}} + q_{\text{н}}$, находим требуемую среднюю температуру теплоносителя:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{тр}}^{\text{ст}} + q \cdot b \cdot R_{\text{тр}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.7)$$

где: b — шаг труб, м.

4) Температура пола над трубой:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{в}} + \frac{q_{\text{в}}}{\alpha_{\text{в}}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.8)$$

5) Для определения температуры пола между двух соседних труб необходимо найти угол β :

$$\beta = \arctg \left(\frac{2\delta_{\text{ст}}^{\text{в}} + d_{\text{н}} + 2 \sum \delta_i^{\text{в}}}{b} \right), \text{ град} \quad (4.9)$$

Минимальная температура пола составит:

$$t_{\text{п}}^{\text{min}} = t_{\text{тр}}^{\text{ст}} - \frac{q_{\text{в}} \cdot b \cdot R_{\text{в}}}{\sin \beta}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.10)$$

$$6) \text{ Средняя температура поверхности пола: } t_{\text{п}}^{\text{ср}} = (t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{min}})/2 \quad (4.11)$$

Б) Решение задачи по определению удельного теплового потока по направлению вверх при известной средней температуре

теплоносителя $t_{\text{ср}}$.

1) Температура стенки трубы, выраженная через термическое сопротивление стенки трубы:

$$t_{\text{тр}}^{\text{ст}} = t_{\text{ср}} - q \cdot b \cdot R_{\text{тр}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.12)$$

Та же температура, выраженная через приведённые термические сопротивления слоёв пола над и под трубами:

$$t_{\text{тр}}^{\text{ст}} = \frac{q \cdot R_{\text{в}} \cdot R_{\text{н}} + R_{\text{в}} \cdot t_{\text{н}} + R_{\text{н}} \cdot t_{\text{в}}}{R_{\text{в}} + R_{\text{н}}} \quad (4.13)$$

Приравняв выражения (4.12) и (4.13), получаем формулу для определения общего удельного теплового потока:

$$q = \frac{t_{\text{ср}} \cdot (R_{\text{в}} + R_{\text{н}}) - R_{\text{в}} \cdot t_{\text{н}} - R_{\text{н}} \cdot t_{\text{в}}}{R_{\text{в}} \cdot R_{\text{н}} + b \cdot R_{\text{тр}} \cdot (R_{\text{в}} + R_{\text{н}})}, \text{ Вт/м}^2 \quad (4.14)$$

- 2) Находим температуру стенки трубы по формуле (4.12)
- 3) Определяем удельный тепловой поток по направлению вверх:

$$q_{\text{в}} = \frac{t_{\text{тр}}^{\text{ст}} - t_{\text{в}}}{R_{\text{в}}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (4.15)$$

ПРИМЕР 2. Выполнить тепловой расчет теплого пола для помещений кухни, санузла и ванной, выполненного из полиэтиленовой трубы диаметром 16×2мм. Тепловые потери рассчитаны в примере 1 и составляют для кухни – Q=789Вт, санузла – Q=290Вт, ванной – Q=220Вт. Площадь теплого пола в кухне – F=10.5м², в санузле – F=3м², в ванной – F=3м². Покрытие пола – плитка керамическая (λ=1,00 Вт/м °С) толщиной δ=12мм. Толщина стяжки над трубой – 40мм, коэффициент теплопроводности стяжки – 0,93 Вт/м °С. Утеплитель – пенополистирол (λ=0,04 Вт/м °С) толщиной δ=0,1 м.

Решение.

- 1) Определяем приведённое термическое сопротивление слоёв пола над трубой по формуле (4.1):

$$R_{\text{в}} = \frac{\delta_{\text{ст}}^{\text{в}}}{\lambda_{\text{ст}}^{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i^{\text{в}}}{\lambda_i^{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha^{\text{в}}} = \frac{0,04}{0,93} + \frac{0,012}{1,00} + \frac{1}{10,8} = 0,148 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

- 2) Определяем приведённое термическое сопротивление слоёв пола под трубой по формуле (4.3):

$$R_{\text{н}} = 2,1 + \sum \frac{\delta_i^{\text{н}}}{\lambda_i^{\text{н}}} = 2,1 + \frac{0,1}{0,04} = 2,6 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

- 3) Определяем приведённое сопротивление теплопередаче стенок трубы:

$$R_{\text{тр}} = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_{\text{вн}} \cdot d_{\text{вн}}} + \frac{\ln \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}}}{2\pi \cdot \lambda_{\text{тр}}^{\text{ст}}} = \frac{1}{3,14 \cdot 400 \cdot 0,012} + \frac{\ln \frac{0,016}{0,012}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,38} = 0,187 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

- 4) Для каждого помещения определяем удельный тепловой поток по направлению вверх:

$$\text{для кухни } q_{\text{тр}} = \frac{Q}{F} = \frac{789}{10,3} = 77 \text{ Вт/м}^2$$

$$\text{для ванной } q_{\text{тр}} = \frac{Q}{F} = \frac{220}{3} = 73 \text{ Вт/м}^2$$

$$\text{для санузла } q_{\text{тр}} = \frac{Q}{F} = \frac{290}{3} = 97 \text{ Вт/м}^2$$

Выбираем помещение с самым большим удельным тепловым потоком и для этого помещения ведем расчет по схеме «А».

Расчет для санузла t_в=20°С

- 1) Определяем температуру стенки трубы по выражению (4.5):

$$t_{\text{тр}}^{\text{ст}} = q_{\text{в}} \cdot R_{\text{в}} + t_{\text{в}} = 97 \cdot 0,148 + 20 = 34,3 \text{ °С}$$

- 2) Определяем удельный тепловой поток по направлению вниз по формуле (4.6):

$$q_{\text{н}} = \frac{t_{\text{тр}}^{\text{ст}} - t_{\text{н}}}{R_{\text{н}}} = \frac{34,3 - (-21)}{4,6} = 12 \text{ Вт/м}^2$$

- 3) Определяем суммарный удельный тепловой поток

$$q = q_B + q_H = 97 + 12 = 109 \text{ Вт/м}^2$$

4) Находим требуемую среднюю температуру теплоносителя по выражению (4.7):

$$t_{cp} = t_{TP}^{CT} + q \cdot b \cdot R_{TP} = 34,3 + 109 \cdot 0,15 \cdot 0,187 = 37,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Принимаем температуру подачи $t_p=40^\circ\text{C}$, обратки $t_r=35^\circ\text{C}$.

5) Определяем температуру пола над трубой по формуле (4.8):

$$t_n = t_B + \frac{q_B}{\alpha_B} = 20 + \frac{97}{10,8} = 29 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ что не превышает допустимых значений.}$$

6) Находим температуру пола между двух соседних труб по выражению (4.10):

$$\beta = \arctg\left(\frac{2\delta_{CT}^B + d_H + 2\sum \delta_i^B}{b}\right) = \arctg\left(\frac{2 \cdot 0,04 + 0,016 + 2 \cdot 0,012}{0,15}\right) = 38,7 \text{ град}$$

$$t_n^{min} = t_{TP}^{CT} - \frac{q_B \cdot b \cdot R_B}{\sin \beta} = 34,3 - \frac{97 \cdot 0,15 \cdot 0,148}{\sin 38,7} = 31 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ что не превышает допустимых значений.}$$

7) Средняя температура поверхности пола: $t_n^{cp} = \frac{(t_n + t_n^{min})}{2} = \frac{29 + 31}{2} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$, что не превышает допустимых значений.

Для ванной комнаты и кухни расчет ведем по схеме «Б». Принятая средняя температура теплоносителя равна $t_{cp}=(40+35)/2=37,5^\circ\text{C}$.

Расчет для ванной комнаты $t_B=25^\circ\text{C}$

1) Определяем общий удельный тепловой поток по формуле (4.14):

$$q = \frac{t_{cp} \cdot (R_B + R_H) - R_B \cdot t_H - R_H \cdot t_B}{R_B \cdot R_H + b \cdot R_{TP} \cdot (R_B + R_H)} = \frac{37,5 \cdot (0,148 + 4,6) - 0,148 \cdot (-21) - 4,6 \cdot 25}{0,148 \cdot 4,6 + 0,1 \cdot 0,187 \cdot (0,148 + 4,6)} = 86 \text{ Вт/м}^2$$

2) Находим температуру стенки трубы по формуле (4.12):

$$t_{TP}^{CT} = t_{cp} - q \cdot b \cdot R_{TP} = 37,5 - 86,1 \cdot 0,1 \cdot 0,187 = 35,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3) Определяем удельный тепловой поток по направлению вверх:

$$q_B = \frac{t_{TP}^{CT} - t_B}{R_B} = \frac{35,9 - 25}{0,148} = 74 \text{ Вт/м}^2$$

Сравниваем удельный тепловой поток по направлению вверх с требуемым удельным тепловым потоком $q_B=74 \text{ Вт/м}^2 > q_{mp}=73 \text{ Вт/м}^2$, следовательно теплый пол компенсирует все теплопотери.

4) Определяем температуру пола над трубой по формуле (4.8):

$$t_n = t_B + \frac{q_B}{\alpha_B} = 25 + \frac{74}{10,8} = 31,9 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ что не превышает допустимых значений.}$$

5) Находим температуру пола между двух соседних труб по выражению (4.10):

$$\beta = \arctg\left(\frac{2\delta_{CT}^B + d_H + 2\sum \delta_i^B}{b}\right) = \arctg\left(\frac{2 \cdot 0,04 + 0,016 + 2 \cdot 0,012}{0,1}\right) = 50,2 \text{ град}$$

$$t_{\Pi}^{min} = t_{\Pi}^{CT} - \frac{q_B \cdot b \cdot R_B}{\sin \beta} = 35,9 - \frac{74 \cdot 0,1 \cdot 0,148}{\sin 50,2} = 34,1^{\circ}C, \text{ что не превышает допустимых значений.}$$

6) Средняя температура поверхности пола: $t_{\Pi}^{CP} = \frac{(t_{\Pi} + t_{\Pi}^{min})}{2} = \frac{31,9 + 34,1}{2} = 33^{\circ}C$, что не превышает допустимых значений.

Расчет для кухни $t_B = 20^{\circ}C$

1) Определяем общий удельный тепловой поток по формуле (4.14):

$$q = \frac{t_{CP} \cdot (R_B + R_H) - R_B \cdot t_H - R_H \cdot t_B}{R_B \cdot R_H + b \cdot R_{TP} \cdot (R_B + R_H)} = \frac{37,5 \cdot (0,148 + 4,6) - 0,148 \cdot (-17,7) - 4,6 \cdot 20}{0,148 \cdot 4,6 + 0,3 \cdot 0,187 \cdot (0,148 + 4,6)} = 94 \text{ Вт/м}^2$$

2) Находим температуру стенки трубы по формуле (4.12):

$$t_{TP}^{CT} = t_{CP} - q \cdot b \cdot R_{TP} = 37,5 - 94 \cdot 0,3 \cdot 0,187 = 32,2^{\circ}C$$

3) Определяем удельный тепловой поток по направлению вверх:

$$q_B = \frac{t_{TP}^{CT} - t_B}{R_B} = \frac{32,2 - 20}{0,148} = 83 \text{ Вт/м}^2 > 77 \text{ Вт/м}^2 \text{ теплый пол компенсирует все теплотери.}$$

4) Определяем температуру пола над трубой по формуле (4.8):

$$t_{\Pi} = t_B + \frac{q_B}{\alpha_B} = 20 + \frac{83}{10,8} = 27,7^{\circ}C, \text{ что не превышает допустимых значений.}$$

5) Находим температуру пола между двух соседних труб по выражению (4.10):

$$\beta = \arctg \left(\frac{2\delta_{CT}^B + d_H + 2\sum \delta_L^B}{b} \right) = \arctg \left(\frac{2 \cdot 0,04 + 0,016 + 2 \cdot 0,012}{0,3} \right) = 21,8^{\circ}$$

$$t_{\Pi}^{min} = t_{TP}^{CT} - \frac{q_B \cdot b \cdot R_B}{\sin \beta} = 32,2 - \frac{83 \cdot 0,3 \cdot 0,148}{\sin 21,8} = 22,4^{\circ}C, \text{ что не превышает допустимых значений.}$$

6) Средняя температура поверхности пола: $t_{\Pi}^{CP} = \frac{(t_{\Pi} + t_{\Pi}^{min})}{2} = \frac{22,4 + 27,7}{2} = 25^{\circ}C$, что не превышает допустимых значений.

Все расчеты сведем в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Тепловой расчет теплого пола

№ помещения	Тепловые потери, Q, Вт	Тем-ра внутрен него воз- духа тв, °С	Площадь теплого пола F, м ²	Шаг труб b, м	Удельный тепловой поток, Вт/м ²			Средняя темпе- ратура тепло- носите- ля t _{ср} , °С
					требу- емый q _{тр}	расчетный		
						по направ- лению вверх q _в	общий q	
2	789	20	10,3	0,30	77	83	94	37,5
3	220	25	3,0	0,10	73	74	86	37,5
4	290	20	3,0	0,15	97	97	109	37,5

4. 2 Тепловой расчет радиаторной системы отопления

Целью теплового расчета является выбор типа и количества секций (или размера) отопительного прибора.

ПРИМЕР 3. Определить марку стального панельного радиатора «Лидея» для двухтрубной системы водяного отопления (трубы проложены скрыто в конструкции пола в защитной гофрированной трубе), установленный без ниши под подоконником у наружной стены под окнами (окна размером 1,5×1,5м и 1,8×1,5м) в гостиной, тепловые потери которой 2662Вт. Температура воды на входе в систему $t_r=85^{\circ}\text{C}$, температура обратной воды $t_o=65^{\circ}\text{C}$, температура воздуха в комнате $t_b=20^{\circ}\text{C}$.

Решение.

Расход воды в отопительном приборе, кг/ч, вычисляем по формуле:

$$G_{np} = \frac{0,86 \cdot Q_{np} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{t_r - t_o} \quad (4.16)$$

где: Q_{np} – тепловая нагрузка прибора, Вт

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины. Для предварительного принятого радиатора типа ЛК20 высотой 500мм $\beta_1=1,02$ [6, табл 4.1]. Для секционных радиаторов определяются по [1, табл. К.1].

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами у наружных ограждений. При установке прибора у наружной стены под окном $\beta_2=1,03$ [6, табл 4.1]. Для секционных радиаторов определяются по [1, табл. К.2].

Температурный напор, $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_r + t_o}{2} - t_b \quad (4.17)$$

Коэффициент приведения номинального теплового потока отопительного прибора к расчетным условиям:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p \quad (4.18)$$

где: n и p – эмпирические показатели, принимаемые по [7, табл. 10.3-10.4].

Δt_n – номинальный температурный напор, равный 70°C – для приборов отечественного производства, 60°C или 50°C – для большинства импортных приборов (см. каталоги производителей).

360 – номинальный расход воды в отопительном приборе при тепловых испытаниях образцов приборов, кг/ч.

Теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения теплопроводов принимаем равным 0, т.к. трубопроводы проложены скрыто в конструкции пола в защитной гофрированной трубе.

Номинальный требуемый тепловой поток, Вт:

$$Q_{\text{нт}} = \frac{Q_{\text{пр}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_4}{\varphi} \quad (4.19)$$

где: β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении, $\beta_4 = 1,03$ [7, табл 10.2].

Таблица 4.2 – Тепловой расчет

№ помещения	Температура воздуха в помещении $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Тепловая нагрузка на прибор $Q_{\text{пр}}, \text{Вт}$	Температура входящей воды в прибор $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Температура воды на выходе $t_{\text{о}}, ^\circ\text{C}$	Поправочный коэффициент β_1	Поправочный коэффициент β_2	Расход воды в приборе $G_{\text{пр}}, \text{кг/ч}$	Температурный напор, $^\circ\text{C}$	Коэффициент приведения φ	Номинальный требуемый тепловой поток $Q_{\text{нт}}, \text{Вт}$	Поправочный коэффициент β_4	Марка отопительного прибора	Номинальный тепловой поток $Q_{\text{н}}, \text{Вт}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16
1	20	1452	85	65	1,02	1,03	66	55	0,73	2150	1,03	ЛК20-516	2150
	20	1210	85	65	1,02	1,03	55	55	0,73	1791	1,03	ЛК20-513	1747
5	20	1012	85	65	1,02	1,03	46	55	0,70	1561	1,03	ЛК20-512	1613
6	18	229	85	65	1,00	1,04	10	57	0,71	334	1,00	ЛК10-306	319
7	18	170	85	65	1,00	1,04	8	57	0,71	249	1,00	ЛК10-305	266

Примечание: так как в помещении гостиной будет установлено два радиатора (под каждым окном), тепловые потери помещения делятся пропорционально длине оконного проема.

По требуемой величине $Q_{\text{нт}}$ подбираем по каталогу производителя [5, табл. 1.1-1.10] отопительный прибор, номинальный тепловой поток которого $Q_{\text{н}}$ должен быть близким к значению $Q_{\text{нт}}$. Номинальный тепловой поток отопительного прибора не следует принимать менее чем на 5 % или на 60 Вт требуемого по расчету. Номинальный тепловой поток отопительного прибора допускается принимать больше требуемого по расчету, но не более 15 % [1, п.6.4.4].

Номинальный тепловой поток одного из радиаторов помещения №1 и радиатора помещения №6 меньше номинального требуемого теплового потока, следовательно выполняем проверку:

$$Q_{\text{нт}} - Q_{\text{н}} = 1791 - 1747 = 44 \text{ Вт} < 60 \text{ Вт}; \quad \frac{44}{1791} \cdot 100\% = 2\% < 5\%$$

$$Q_{\text{нт}} - Q_{\text{н}} = 334 - 319 = 15 \text{ Вт} < 60 \text{ Вт}; \quad \frac{15}{334} \cdot 100\% = 4,5\% < 5\%$$

Для помещений №5 и №7 номинальный тепловой поток больше номинального требуемого. Выполняем проверку:

$$Q_{\text{н}} - Q_{\text{нт}} = \frac{1613 - 1561}{1561} \cdot 100\% = 3,3\% < 15\%$$

$$Q_{\text{н}} - Q_{\text{нт}} = \frac{266 - 249}{249} \cdot 100\% = 6,6\% < 15\%$$

Длина выбранных отопительных приборов составляет 1600мм, 1300мм и 1200мм таким образом они перекрывает более 50% оконного проема [1, п.6.4.5]. В случае несоблюдения этого условия необходимо выбрать другой тип и (или) другую марку прибора.

При расчете секционных радиаторов после вычисления номинального требуемого теплового потока определяется расчетное число секций в радиаторе по формуле:

$$n_p = \frac{Q_{\text{н}}}{q_{\text{н}} \cdot \beta_3}, \text{ шт} \quad (8)$$

где: $q_{\text{н}}$ – номинальный тепловой поток одной секции радиатора, принимаемый по каталогу производителя, Вт/секц.

β_3 – коэффициент учета числа секций в одном радиаторе [7, табл 10.5].

Число секций	до 15	16-20	21-25
β_3	1,0	0,98	0,96

Расчетная таблица для теплового расчета секционных радиаторов выглядит следующим образом:

№ помещения	Температура воздуха в помещении, °C	Тепловая нагрузка на прибор $Q_{\text{пр}}$, Вт	Температура входящей воды в прибор, °C	Температура воды на выходе, °C	Поправочный коэффициент β_1	Поправочный коэффициент β_2	Расход воды в приборе $G_{\text{пр}}$, кг/ч, кг/с	Температурный напор, °C	Коэффициент приведения ϕ	Теплоотдача открыто расположенных трубопроводов $Q_{\text{тр}}$, Вт	Расчетный требуемый тепловой поток Q_1 , Вт	Номинальный требуемый тепловой поток $Q_{\text{нт}}$, Вт	Поправочный коэффициент β_3	Поправочный коэффициент β_4	Расчетное число секций n_p , шт	Установочное число секций n_u , шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

5.1 Гидравлический расчет теплого пола

Расчёт петель ведётся в следующем порядке:

- 1) Определяется тепловая мощность каждой петли, Вт:

$$Q_{\text{пет}} = q \cdot F \quad (5.1)$$

где: q – общий удельный тепловой поток, Вт/м²;

F – площадь теплого пола, м²

- 2) Определяется расход теплоносителя, кг/с, по формуле:

$$G = \frac{Q_{\text{пет}}}{c \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{о}})} \quad (5.2)$$

где: c – удельная теплоёмкость теплоносителя, Дж/кг°С, определяемая по таблице 5.2;

$t_{\text{п}}$ – температура теплоносителя в подающем теплопроводе, °С;

$t_{\text{о}}$ – температура теплоносителя в подающем теплопроводе, °С.

- 3) Определяется длина петли, м:

$$L_{\text{пет}} = \frac{F}{b} + L_{\text{подв}} \quad (5.3)$$

где: b – шаг укладки труб теплого пола, м;

$L_{\text{подв}}$ – длина подводки от коллектора до петли, м.

- 4) Определяются потери давления на трение, Па, по формуле:

$$\Delta P_{\text{тр}} = L_{\text{пет}} \cdot R_{\text{уд}} \quad (5.4)$$

где: $R_{\text{уд}}$ – удельные потери давления, Па/м, принимаемые по [8] (приложение 6 методических указаний).

- 5) Определяется скорость в каждой петле, м/с:

$$v = \frac{4G_i}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot \rho} \quad (5.5)$$

где: $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы, м;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³, определяемая по приложению 8.

Скорость теплоносителя в петле тёплого пола не должна быть выше 1 м/с.

- 6) Определяются потери в местных сопротивлениях (в отводах и калачах), Па, по формуле:

$$\Delta P_{\text{м}} = (0,5 \cdot N_{\text{о}} + N_{\text{к}}) \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (5.6)$$

где: $N_{\text{о}}$ – количество отводов на петле, шт. ;

$N_{\text{к}}$ – количество калачей на петле, шт.

- 7) Определяются потери давления в полностью открытом регулирующем (либо балансировочном) клапане, Па:

$$\Delta P_{\text{кл}} = 10^5 \cdot \left(\frac{3600 \cdot G}{\rho \cdot k_v} \right)^2 \quad (5.7)$$

где: k_v – пропускная способность регулирующего (балансировочного) клапана, м³/ч (приложение 7 таблица 1 методических указаний).

8) Определяются суммарные потери давления в петлях, Па:

$$\Delta P_{\text{пет}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{кл}}^p \quad (5.8)$$

9) Петля, в которой потери давления наибольшие, принимается за расчётную. Для неё определяются по формуле (5.7) потери давления на полностью открытом балансировочном клапане. Пропускная способность балансировочного клапана принимается по [8] (таблица 1 приложения 7 методических указаний).

10) Для остальных петель определяется перепад давления на балансировочном клапане, исходя из условия равенства потерь давления в каждой петле.

11) Исходя из определенного перепада давления, рассчитывается требуемая пропускная способность каждого балансировочного клапана, м³/ч:

$$k_v = \frac{3600 \cdot G}{\rho \cdot \sqrt{\Delta P_{\text{кл}}^b \cdot 10^{-5}}} \quad (5.9)$$

затем по таблицам гидравлических характеристик клапанов (таблица 1 приложение 7) находится требуемая позиция настройки каждого балансировочного клапана.

12) Определяется настройка балансировочного клапана вторичного контура в следующем порядке:

12.1) Определяется требуемый расход теплоносителя в первичном контуре, кг/ч, по формуле:

$$G_1 = \frac{0.86 \cdot Q_{\text{т.п.}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{г}}^{\text{т.п.}} + \Delta t_{\text{т.п.}}} \quad (5.10)$$

где: $Q_{\text{т.п.}}$ – общая тепловая мощность системы тёплого пола, подключённого к насосно-смесительному узлу, Вт;

$t_{\text{г}}$ – температура теплоносителя, поступающего к насосно-смесительному узлу из первичного (котлового) контура, °С;

$t_{\text{г}}^{\text{т.п.}}$ – температура теплоносителя, подаваемого в тёплый пол °С;

$\Delta t_{\text{т.п.}}$ – перепад температур между прямым и обратным теплоносителями теплого пола, °С.

12.2) Расход теплоносителя во вторичном контуре (контуре теплого пола) составит, кг/ч:

$$G_{\text{т.п.}} = \frac{0.86 \cdot Q_{\text{т.п.}}}{\Delta t_{\text{т.п.}}} \quad (5.11)$$

12.3) Определяется расход через балансировочный клапан вторичного контура:

$$G_2^{\text{б.кл}} = G_{\text{т.п.}} - G_1 \quad (5.12)$$

12.4) Потери давления на термостатическом клапане, Па:

$$\Delta P_{\text{кл}}^{\text{т}} = 0,1 \cdot \left(\frac{G_1}{k_v^{\text{т.кл}}} \right)^2 \quad (5.13)$$

где: $k_v^{\text{т.кл}}$ – пропускная способность термостатического клапана, м³/ч, определяемая по [8] (таблица 2 приложения 8 методических указаний).

12.5) Из условия равенства давлений при слиянии потоков находим требуемую пропускную способность балансировочного клапана вторичного контура, м³/ч:

$$k_v^{б.кл} = \frac{G_2^{б.кл}}{\sqrt{10 \cdot \Delta P_{кл}^T}} \quad (5.14)$$

12.6) По таблицам гидравлических характеристик клапанов [8] (таблица 2 приложение 8) определяется настройка балансировочного клапана вторичного контура.

ПРИМЕР 4: Выполнить гидравлический расчет теплого пола с использованием оборудования марки Valtec (Россия). Коллекторный блок VTc.588 обслуживает 3 петли, данные о которых приведены в таблице 5.3. К установке принят насосно-смесительный узел VT.Technomix. Температура теплоносителя, поступающего к насосно-смесительному узлу из первичного (котлового) контура – $t_r=85^\circ\text{C}$; температура теплоносителя, подаваемого в тёплый пол – $t_{r.п.}=40^\circ\text{C}$; перепад температур между прямым и обратным теплоносителями теплого пола – $\Delta t_{т.п.}=5^\circ\text{C}$. Аксонометрическая схема теплого пола представлена на рисунке 5.1

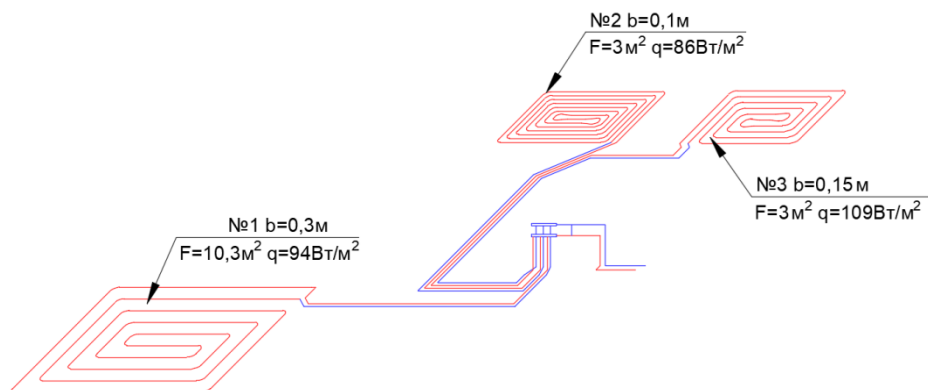


Рисунок 5.1 – Аксонометрическая схема теплого пола

Таблица 5.3 – Исходные данные для гидравлического расчета

№ петли	Площадь Теплого пола F , м ²	Шаг укладки труб b , м	Длина подводки $L_{подв}$, м	Общий удельный тепловой поток q , Вт/м ²	Диаметр трубы D_n , мм	Количество отводов N_o , шт	Количество клапанов N_k , шт
1	10,3	0,3	11,4	94	16×2	23	2
2	3,0	0,1	15,0	86	16×2	23	2
3	3,0	0,15	15,6	109	16×2	34	2

Гидравлический расчет сведен в таблицу 5.4

Таблица 5.4 – Гидравлический расчет петель теплого пола

№ петли	Тепловая мощность теплы $Q_{\text{пет}}$, Вт	Расход теплоносителя G , кг/с	Длина петли $L_{\text{пет}}$, м	Удельные потери давления R , Па/м	Потери давления на трение $\Delta P_{\text{тр}}$, Па	Скорость в петле, v , м/с	Потери в местных сопротивлениях $\Delta P_{\text{м}}$, Па	Потери давления на регулирующем клапане $\Delta P_{\text{кл}}^p$, Па	Суммарные потери давления петли $\Delta P_{\text{пет}}$, Па	Потери давления на балансировочном клапане $\Delta P_{\text{кл}}^b$, Па	Пропускная способность балансировочного клапана K_v , м ³ /ч	Обороты настройки балансировочного клапана
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	968	0,046	45,7	247	11296	0,41	1143	452	12891	418	2,6	Полностью открыт
2	258	0,012	45	19	855	0,11	81	32	968	12340	0,13	0.5
3	327	0,016	35,6	31	1104	0,14	183	52	1339	11970	0,16	0.6

Определим настройку балансировочного клапана вторичного контура.

1) Требуемый расход теплоносителя в первичном контуре:

$$G_1 = \frac{0.86 \cdot Q_{\text{т.п.}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{г}}^{\text{т.п.}} + \Delta t_{\text{т.п.}}} = \frac{0.86 \cdot 1553}{85 - 40 + 5} = 27 \text{ кг/ч}$$

2) Расход теплоносителя во вторичном контуре (контуре теплого пола) составит, кг/ч:

$$G_{\text{т.п.}} = \frac{0.86 \cdot Q_{\text{т.п.}}}{\Delta t_{\text{т.п.}}} = \frac{0.86 \cdot 1553}{5} = 267 \text{ кг/ч}$$

3) Определяется расход через балансировочный клапан вторичного контура:

$$G_2^{\text{б.кл}} = G_{\text{т.п.}} - G_1 = 267 - 27 = 240 \text{ кг/ч}$$

4) Потери давления на термостатическом клапане, Па:

$$\Delta P_{\text{кл}}^{\text{т}} = 0,1 \cdot \left(\frac{G_1}{k_v^{\text{т.кл}}} \right)^2 = 0,1 \cdot \left(\frac{27}{0,9} \right)^2 = 90 \text{ Па}$$

5) Требуемая пропускную способность балансировочного клапана вторичного контура:

$$k_v^{\text{б.кл}} = \frac{G_2^{\text{б.кл}}}{\sqrt{10 \cdot \Delta P_{\text{кл}}^{\text{т}}}} = \frac{240}{\sqrt{10 \cdot 90}} = 8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

6) По таблицам гидравлических характеристик клапанов (таблица 2 приложение 8) определяем настройку балансировочного клапана вторичного контура – «4,5»

5.2 Гидравлический расчет системы водяного отопления

Цель гидравлического расчета – подобрать диаметры трубопроводов, регулировочные клапаны для обеспечения стабильности и бесшумности работы системы отопления, минимизации эксплуатационных и капитальных затрат.

Гидравлический расчет выполняют по аксонометрической схеме трубопроводов системы отопления. На схеме находят циркуляционные кольца, делят их на участки, наносят тепловые нагрузки каждого отопительного прибора, равные тепловой расчетной нагрузке помещения. Каждое циркуляционное кольцо системы отопления – это замкнутый контур последовательных участков. Участок – одна или несколько труб с одним и тем же расходом теплоносителя. В двухтрубной системе отопления количество циркуляционных колец равно количеству отопительных приборов.

Сначала рассчитывается главное (основное) циркуляционное кольцо. Затем выполняется расчет остальных циркуляционных колец.

Последовательность расчета.

1. Определяем расходы воды на участках по формуле:

$$G = \frac{0,86 \cdot Q_{уч} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{(t_z - t_o)}, \text{ кг/ч} \quad (5.15)$$

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

По расходам воды на участках и по величине оптимальной скорости движения теплоносителя подбираем диаметры труб по таблицам для гидравлического расчета, выписывая для этих диаметров величину удельных потерь давления $R_{уд}$, Па/м и скорость движения воды v , м/с. Таблицы для подбора диаметров трубопроводов приведены в приложениях 9-11 методических указаний.

Диаметры труб в кольце определяются по задаваемой оптимальной скорости движения теплоносителя на каждом участке циркуляционного кольца. Оптимальная расчетная скорость движения воды для полимерных трубопроводов должна определяться по рекомендациям изготовителей трубопроводов, в большинстве случаев скорость составляет до 0,3...0,5 м/с для стальных труб, до 0,5...0,7 м/с для полимерных труб, удельная потеря давления на трение R в среднем 100...250 Па/м [6].

2. Рассчитываются потери давления на трение, Па, по формуле:

$$\Delta P_{тр} = L_{уч} \cdot R_{уд}, \text{ Па} \quad (5.16)$$

где $L_{уч}$ – длина участка, м

$R_{уд}$ – удельные потери давления, Па/м.

3. Определяются местные сопротивления на участках и подсчитываются суммы коэффициентов местных сопротивлений.

4. Рассчитываются потери давления в местных сопротивлениях, Па, по формуле:

$$\Delta P_M = \Sigma \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \text{Па} \quad (5.17)$$

где $\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

v – скорость движения воды на участке, м/с;

ρ – плотность воды, кг/м³

5. Потери давления в арматуре (на запорном и термостатическом клапане) определяются по номограммам изготовителя или при известном значении пропускной способности элемента k_v (k_{vs}) по формуле:

$$\Delta P_A = 0,1 \cdot \left(\frac{G}{k_v} \right)^2, \text{Па} \quad (5.18)$$

где G – расход воды на участке, кг/ч;

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

По соображениям бесшумности работы клапанов рекомендуется задавать значение потерь давления $\Delta P_{\text{т.кл}}$ каждого из термостатических клапанов не более 20 кПа. С другой стороны, для эффективного регулирования расходов в параллельных кольцах двухтрубной системы отопления, не рекомендуется задаваться значением $\Delta P_{\text{т.кл}}$ менее 4...6 кПа [6]. Исходя из этих соображений, для основного расчетного кольца следует задаться максимально возможным открытием диапазона гидравлических настроек p , но при этом иметь потерю давления на клапане не менее 4 кПа.

6. Определяются суммарные потери давления на участке:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_M + \Delta P_A \quad (5.19)$$

7. Для термостатического клапана необходимо проверять значения внешнего авторитета a (авторитета в системе трубопроводов). Он определяется как отношение перепада давлений в клапане к общему перепаду давлений в системе трубопроводов или в той части системы, в которой автоматически поддерживается заданный перепад давлений. Рекомендуемый диапазон a составляет 0,3...0,7 [7].

ПРИМЕР 5. Произвести гидравлический расчет двухтрубной системы водяного отопления первого этажа дома. План этажа с элементами системы отопления показан на рисунке 3.7. Аксонометрическая схема системы отопления с расчетными тепловыми нагрузками приборов показаны на рисунке 5.2. Расчетные параметры системы отопления $t_r=85^\circ\text{C}$, $t_o=65^\circ\text{C}$.

Подключение отопительных приборов (рисунок 6) выполнено боковое одностороннее с угловыми термостатическими клапанами на подающем трубопроводе и угловыми запорными клапанами RL-1 фирмы «ГЕРЦ Арматурен» на обратном трубопроводе.

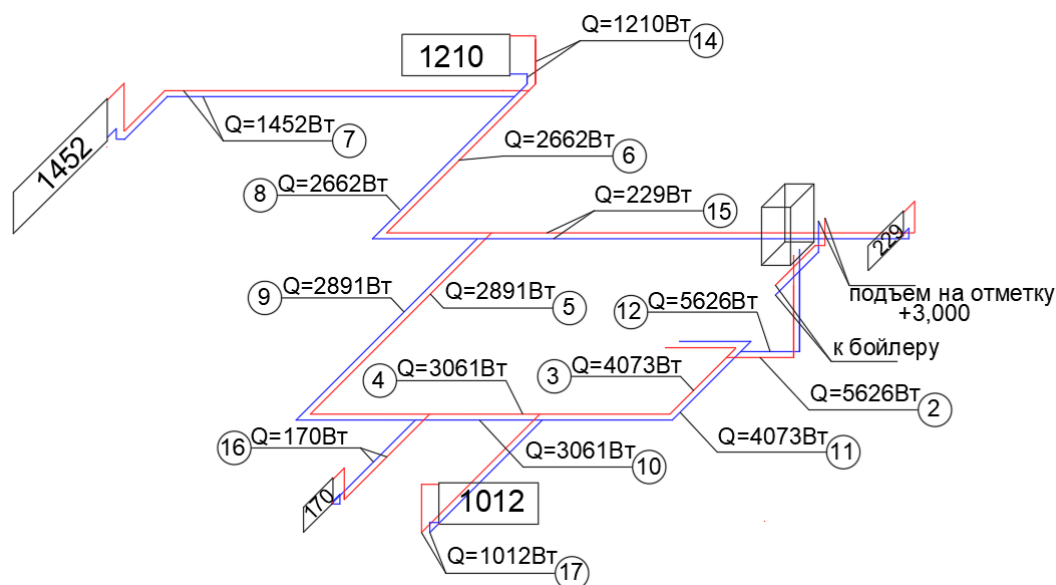


Рисунок 5.2 - Аксонометрическая схема системы радиаторного отопления

Решение: Расчеты сводим в таблицы 5.5, 5.6

Для главного циркуляционного кольца определяем предварительную настройку термостатического клапана (таблица 1 приложения 11 методических указаний), исходя из условия минимальных потерь на клапане 4000Па. При этом авторитет клапана должен быть в пределах 0,3-0,7.

Для второстепенных колец определяем требуемые потери на термостатическом клапане, исходя из условия равенства потерь давления в циркуляционных кольцах. Далее рассчитываем требуемую пропускную способность клапана и подбираем предварительную настройку по таблице 1 приложения 11.

Для примера в расчете приняты термостатические клапана разных производителей.

Потери на запорном клапане находим по формуле 5.18, пропускную способность запорного клапана определяем по таблице 2 приложения 11.

Таблица 5.5 – Гидравлический расчет циркуляционных колец

№ участка	Тепловая нагрузка $Q_{\text{уч}}$, Вт	Расход воды на участке G , кг/ч	Длина участка L , м	Диаметр, мм	Скорость движения воды v , м/с	Удельная потеря давления R , Па/м	Потери давления на трение $\Delta P_{\text{тр}}$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \xi$	Потери давления в местных сопротивлениях $\Delta P_{\text{м}}$, Па	Потери давления в запорном клапане $\Delta P_{\text{зк}}$, Па	Потери давления на термостатическом клапане $\Delta P_{\text{тк}}$, Па	Преднастройка	Суммарные потери давления, Па	Внешний авторитет терм. Клапана
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Главное циркуляционное кольцо														
1	10700	428	0,3	20×2	0,6	288	86	0	0				86	
2	5662	211	1,1	16×2	0,53	326	359	2,3	323				682	
3	4073	184	2,1	16×2	0,47	255	536	4	442				977	
4	3061	138	1,3	16×2	0,35	151	196	0,5	31				227	
5	2891	131	4,5	16×2	0,33	139	626	1,5	82				707	
6	2662	120	3,7	14×2	0,44	280	1036	4,8	465				1501	
7	1452	66	10,3	14×2	0,23	99	1020	30	794	108	6884	6 Herz	8805	0,41
8	2662	120	3,7	14×2	0,44	280	1036	3,3	319				1355	
9	2891	131	4,5	16×2	0,33	139	626	1,5	82				707	
10	3061	138	1,3	16×2	0,35	151	196	0,5	31				227	
11	4073	184	2,1	16×2	0,47	255	536	2,5	276				812	
12	5662	211	1	16×2	0,53	326	326	2,3	323				649	
13	10700	428	0,3	20×2	0,6	288	86	0	0				86	
												$\Sigma=$	16735	
Второстепенные циркуляционные кольца														
$\Delta P_{14} = \Delta P_7 = 8805 \text{ Па}$														
14	1210	55	1,2	14×2	0,2	72	86	23,5	470	44	8277	2 Valtec	8908	
$\Delta P_{\text{тк}}^{\text{требуемые}} = 8805 - 86 - 470 - 44 = 8205 \text{ Па}$														
$\Delta P_{15} = \Delta P_{6-8} = 1501 + 8805 + 1355 = 11661 \text{ Па}$														
15	229	10	11	14×2	0,04	5	55	41,1	33	2	11653	1 Herz	11743	
$\Delta P_{\text{тк}}^{\text{требуемые}} = 11661 - 55 - 33 - 2 = 11572 \text{ Па}$														
$\Delta P_{16} = \Delta P_{5-9} = 707 + 1501 + 8805 + 1355 + 707 = 13075 \text{ Па}$														
16	170	8	3,7	14×2	0,03	4	15	42,1	19	1	14449	1 «Оникс»	14484	
$\Delta P_{\text{тк}}^{\text{требуемые}} = 13075 - 15 - 19 - 1 = 13040 \text{ Па}$														
$\Delta P_{17} = \Delta P_{4-10} = 227 + 707 + 1501 + 8805 + 1355 + 707 + 227 = 13529 \text{ Па}$														
17	1012	46	4,9	14×2	0,17	54	265	28,6	413	31	9289	4 Herz	10020	
$\Delta P_{\text{тк}}^{\text{требуемые}} = 13529 - 265 - 413 - 31 = 12821 \text{ Па}$														

Примечание: Так потери давления на термостатическом клапане участка 17 значительно меньше требуемого, расход через радиатор будет настроен при гидравлической наладке системы отопления.

Таблица 5.6 – Коэффициенты местных сопротивлений

№ уч-ка	Наименование сопротивления	Коэффициент местного сопротивления	Сумма коэффициентов местных сопротивлений
1	–	–	–
2	Тройник проходной Отвод Редукция (сужение)	0,5 1,0 0,8	2,3
3	Тройник на ответвление при разделении потоков Отвод	3,0 1,0	4,0
4	Тройник проходной	0,5	0,5
5	Тройник проходной Отвод	0,5 1	1,5
6	Тройник на ответвление при разделении потоков Отвод Редукция (сужение)	3 1 0,8	4,8
7	Тройник на ответвление при разделении потоков Тройник на ответвление при слиянии потоков 7 отводов Радиатор (20тип)	3 1,5 7×1 18,5	30
8	Тройник на ответвление при слиянии потоков Отвод Редукция (расширение)	1,5 1 0,8	3,3
9	Тройник проходной Отвод	0,5 1	1,5
10	Тройник проходной	0,5	0,5
11	Тройник на ответвление при слиянии потоков Отвод	1,5 1,0	2,5
12	Тройник проходной Отвод Редукция (расширение)	0,5 1,0 0,8	2,3
13	–	–	–
14	2 тройника проходных 4 отвода радиатор (20тип)	2×0,5 4×1,0 18,5	23,5
15	Тройник на ответвление при разделении потоков Тройник на ответвление при слиянии потоков 4 отводов Редукция (сужение) Редукция (расширение) Радиатор (10тип)	3 1,5 4×1 0,8 0,8 31	41,1
16	Тройник на ответвление при разделении потоков Тройник на ответвление при слиянии потоков 5 отводов Редукция (сужение) Редукция (расширение) Радиатор (10тип)	3 1,5 5×1 0,8 0,8 31	42,1
17	Тройник на ответвление при разделении потоков Тройник на ответвление при слиянии потоков 4 отводов Редукция (сужение) Редукция (расширение) Радиатор (20тип)	3 1,5 4×1 0,8 0,8 18,5	28,6

6. ВЫБОР СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Существует большое количество различных схем теплоснабжения индивидуального жилого дома в зависимости от типа источника тепла и др.

Источниками тепла могут являться:

- газовый котел (одноконтурный или двухконтурный; с открытой или закрытой камерой сгорания, напольный или настенный);
- электрический котел;
- твердотопливный котел (в том числе пеллетный, пиролизный);
- тепловой насос (грунт-вода; вода-вода; воздух-вода).

В методических указаниях рассмотрен один из наиболее распространенный вариант теплоснабжения индивидуального жилого дома – с газовым одноконтурным котлом с закрытой камерой сгорания. В данном случае для теплоснабжения системы горячего водоснабжения используется бойлер косвенного нагрева. Возможные схемы обвязки бойлера косвенного нагрева представлены на рисунках 6.1–6.3.

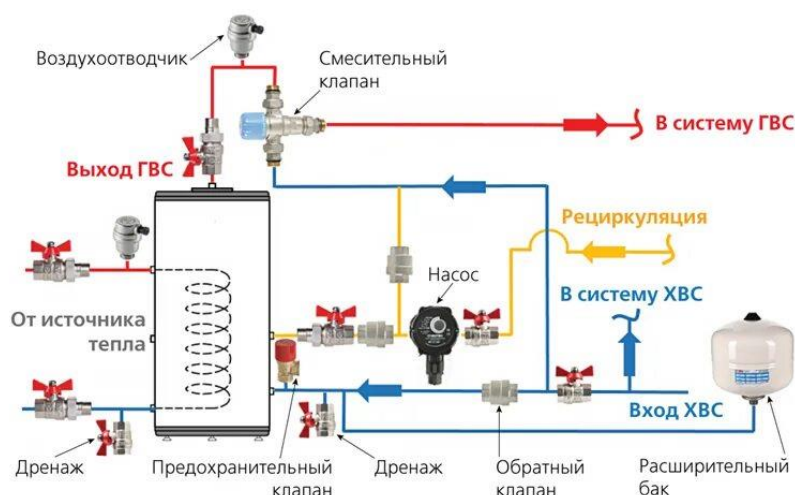


Рисунок 6.1 – Схема обвязки бойлера косвенного нагрева с термостатическим смесительным клапаном

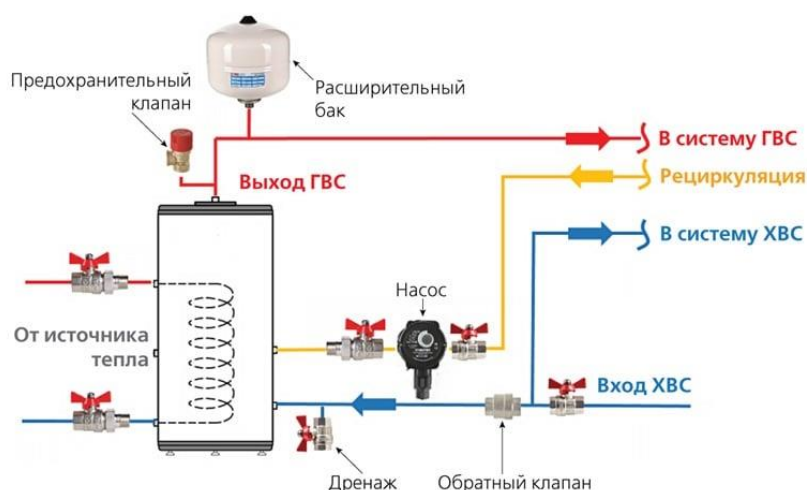


Рисунок 6.2 – Схема обвязки бойлера косвенного нагрева с расширительным баком на ТЗ



Рисунок 6.3 – Схема обвязки бойлера косвенного нагрева с расширительным баком на В1

Установочная мощность котла должна возмещать суммарные теплопотери дома и, в случае установки бойлера косвенного нагрева, обеспечивать нагрев воды на нужды горячего водоснабжения.

ПРИМЕР 6 Подобрать одноконтурный газовый котел с закрытой камерой сгорания. Суммарные теплопотери дома составляют 10,7кВт. Объем бойлера косвенного нагрева – 200л.

Решение:

Необходимая мощность котла для возмещения теплопотерь дома – 10,7кВт.

Определим необходимую мощность котла для нагрева воды на нужды горячего водоснабжения:

$$Q = 1,1 \cdot c \cdot \frac{V}{T} \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) = 1,1 \cdot 4,190 \cdot \frac{200}{2100} \cdot (55 - 5) = 22\text{кВт}$$

где: c – теплоемкость воды, кДж/кг°С;

V – объем бойлера, л;

T – время нагрева воды в бойлере, с;
 $t_{\text{вх}}$ – температура водопроводной воды на входе в бойлер, °С. При отсутствии данных принимается 5°С;
 $t_{\text{вых}}$ – температура воды на выходе из бойлера, °С (принимается 55°С).

Необходимая установочная мощность котла равна большей из двух вышеприведенных величин и составляет 26кВт.

Принимаем к установке котел Ferroli Vitabel HF 24 мощностью 24кВт (производство г. Фанипаль, Беларусь).

Оборудование напольной системы отопления

Коллекторы и коллекторные блоки

Система напольного отопления может содержать до нескольких десятков петель, подключение которых рациональнее всего производить при помощи распределительных коллекторов и коллекторных блоков полной заводской готовности. Для квартирных и коттеджных систем напольного отопления используются коллекторы с диаметрами условного прохода 3/4" и 1". Диаметр коллектора рассчитывается из условия, чтобы скорость теплоносителя в нём не превышала 1 м/с.

Коллекторы тёплых полов должны иметь в своём составе арматуру для отключения каждой отдельной петли, арматуру для гидравлической увязки петель, устройство для выпуска воздуха и дренажную арматуру. При оснащении системы комнатными термостатами в состав коллекторов включаются регулирующие клапаны, на которые устанавливаются электротермические сервоприводы.

Блоки имеют в своём составе:

- подающий (с красной меткой) и обратный (с синей меткой) коллекторы, с присоединёнными патрубками выходов, к которым подключаются трубы петель тёплого пола;
- на обратном коллекторе установлены регулирующие клапаны с колпачками ручной регулировки. Колпачки могут быть заменены электротермическими приводами, работающими по командам комнатных термостатов. Термостаты и сервоприводы в комплект поставки коллекторных блоков не входят, и должны приобретаться отдельно;
- подающий коллектор оснащён либо регулировочными клапанами с расходомерами (ротаметрами), либо ручными балансировочными клапанами, которые закрыты защитными резьбовыми заглушками;
- оба коллектора в блоках оборудованы автоматическими поплавковыми воздухоотводчиками с отсекающими клапанами. Отсекающий клапан позволяет демонтировать воздухоотводчик, не сливая теплоноситель из системы;
- дренажные краны служат для спуска теплоносителя из коллекторов;
- коллекторные блоки крепятся к стене или распределительному шкафу.

фу с помощью пары сдвоенных кронштейнов. Оси коллекторов разнесены по горизонтали (обычно на 32 мм), что даёт возможность свободно пропускать трубы верхнего коллектора позади нижнего.

Насосно-смесительные узлы

В системах радиаторного отопления перепад температур ΔT обычно составляет порядка 20 °С, а в системах напольного отопления – $\Delta T = 5^\circ\text{C} \div 10^\circ\text{C}$. Это значит, что для переноса одного и того же количества теплоты тёплые полы требуют расхода теплоносителя в 2÷4 раза больше.

Максимальная температура теплоносителя в системах тёплого пола, как правило, не превышает 55 °С, рабочее значение этого параметра обычно лежит в пределах 35÷45 °С. В радиаторном же отоплении теплоноситель обычно подаётся с температурой 80÷90 °С.

В связи с этими двумя факторами неизменным атрибутом системы напольного отопления является узел смешения. Насосно-смесительный узел системы тёплого пола должен выполнять следующие основные функции:

- поддерживать во вторичном контуре температуру теплоносителя ниже температуры первичного контура;
- обеспечивать расчётный расход теплоносителя через вторичный контур;
- обеспечивать гидравлическую увязку между первичным и вторичным контурами.

К вспомогательным функциям насосно-смесительного узла можно отнести следующие:

- индикация температуры (на входе и выходе);
- отсекаание циркуляционного насоса шаровыми кранами для его замены или обслуживания;
- защита насоса от работы на «закрытую задвижку» с помощью перепускного клапана;
- аварийное отключение насоса при превышении максимально допустимой температуры теплоносителя;
- отведение воздуха из теплоносителя;
- дренирование узла.

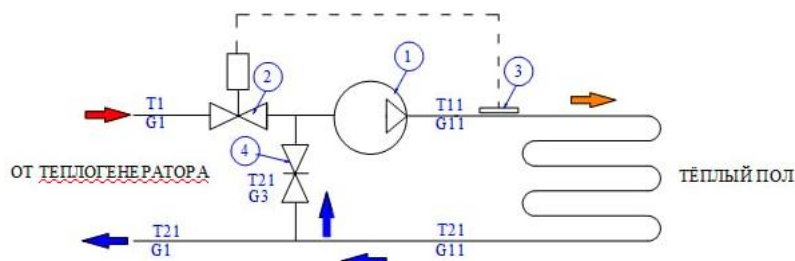


Рисунок 6.4 – Принципиальная схема насосно-смесительного узла

Нагретый теплоноситель поступает на вход насосно-смесительного узла от котла или стояка радиаторной системы отопления с температурой T_1 . На входе в узел установлен настраиваемый термостатический клапан 2, на приводе которого выставляется требуемая температура теплоносителя, поступающего в тёплый пол T_{11} . Термочувствительный элемент 3 привода клапана располагается после насоса 1. При повышении температуры T_{11} выше настроенного значения, клапан 2 закрывается, а при понижении — открывается, пропуская горячий теплоноситель на вход насоса. Пройдя по петлям тёплого пола, теплоноситель остывает до температуры T_2 . Часть остывшего теплоносителя возвращается к котлу, а часть — через балансировочный клапан 4 поступает на вход насоса, смешиваясь с горячим теплоносителем.

Как правило, циркуляционный насос при проектировании выбирается с некоторым запасом, поэтому он может перекачивать через байпас большее количество теплоносителя, чем требуется по проекту. К тому же, и температура теплоносителя в первичном контуре может по факту оказаться меньше расчётной. Именно для корректировки этих расхождений с расчётными данными служит балансировочный клапан 4, которым можно ограничить расход через байпас.

Подбор насоса насосно-смесительного узла осуществляется по производительности (расходу) и напору.

Расчетный расход насоса равен разности расхода теплоносителя во вторичном контуре (контуре теплого пола) $G_{т.п}$ и расхода теплоносителя в первичном контуре G_1 , кг/ч:

$$G_n = G_{т.п} - G_1 \quad (6.1)$$

Расчетный напор насоса, м, определяется по формуле:

$$P_n = \Delta P_{пет} + \Delta P_{кл}^6 + \Delta P_2^{6.кл} \quad (6.2)$$

где: $\Delta P_{пет}$ — суммарные потери давления в расчетной петле, м;

$\Delta P_{кл}^6$ — потери давления на балансировочном клапане, м ;

$\Delta P_2^{6.кл}$ — потери давления на балансировочном клапане вторичного контура, м.

ПРИМЕР 7 Подобрать насос для теплого пола рассчитанного в примере 4

Решение:

1) Находим производительность насоса:

$$G_n = G_{т.п} - G_1 = 267 - 27 = 240 \text{ кг/ч} = 0,24 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2) Определяем требуемый напор насоса:

$$P_n = \Delta P_{пет} + \Delta P_{кл}^6 + \Delta P_2^{6.кл} = 12891 + 418 + 90 = 13399 \text{ Па} = 1,34 \text{ м}$$

Подбираем насос Wilo NOZ 20/4 EM технические характеристики которого приведены на рисунке 6.5.

Технические данные
NOZ 20/4 EM
Тип: Насос с мокрым ротором

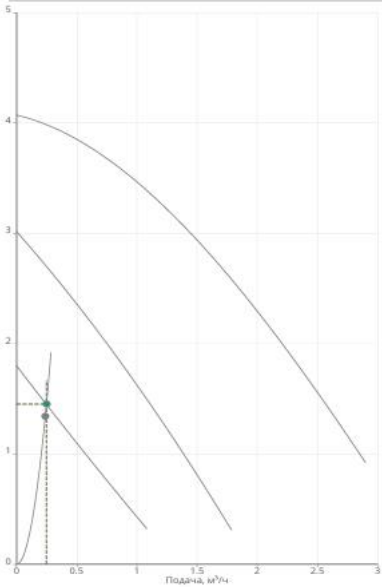


Разработал:

Дата: 21.09.2025

Проект:

Назначение:



Исходные параметры

Подача	0.24 м³/ч
Напор	1.34 м
Перекачиваемая жидкость	Вода
Т. перекач. жидкости	40 °C
Плотность	998.3 кг/м³
Кинематическая вязкость	1.0 мм²/с

Фактическая рабочая точка

Подача	0.25 м³/ч
Напор	1.45 м

Данные продукта

Макс. рабочее давление	10 бар
Макс. напор	4.07 м
Т. мин. перекачиваемой жидкости	2 °C
Т. макс. перекачиваемой жидкости	110 °C
Габаритная длина	130 мм
Кол-во рабочих насосов	1

Данные мотора

Принцип действия	Асинхронный (АС)
Подключение к сети	1-230 В / 50 Гц
Допустимый перепад напряжения	+/- 10%
Номинальная частота вращения	2900 об/мин
Потребляемая мощность	0.065 кВт
Номинальный ток	0.68 А
Степень защиты	IP 44
Класс нагревостойкости изоляции	F
Уровень звукового давления	45 dB(A)

Материалы

Гидравлический корпус	Чугун EN-GJL 250
Рабочее колесо	Композитный материал
Вал электродвигателя	Керамика
Подшипник	Керамика
Корпус электродвигателя	Алюминий

Подсоединение к трубопроводу

DNs	G 1 PN10
DNd	G 1 PN10

Дополнительная информация

Вес	2.1 кг
Артикул	2479384



Рисунок 6.5 – Технические характеристики насоса NOZ 20/4 EM

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Минск, 2020.
- 2) Жилые здания: СН 3.02.01-2019. – Минск, 2020.
- 3) Тепловая защита жилых и общественных зданий. Энергетические показатели: СП 2.04.02-2000. – Минск, 2020.
- 4) Строительная теплотехника: СП 2.04.01-2020. – Минск, 2020.
- 5) Здания и сооружения. Энергетическая эффективность: СН 2.04.02-2020. – Минск, 2021.
- 6) Рекомендации по применению отопительных стальных панельных радиаторов «Лидея».- Лида-Москва, 2010.
- 7) Покотиллов В.В. Системы водяного отопления. – Вена, 2008. – 159с.
- 8) Водяной теплый пол. Проектирование, монтаж, настройка. – Пособие – изд-во Valtec, 2022.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА η_1

Таблица К.3 [1]

Система отопления и способ регулирования	η_1
1. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с пофасадным авторегулированием на вводе или система поквартирного отопления однотрубная или двухтрубная с горизонтальной разводкой	1
2. Двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием	0,95
3. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе или однотрубная система без автоматических терморегуляторов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,9
4. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,85
5. Система отопления без автоматических терморегуляторов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха	0,7
6. Система отопления без автоматических терморегуляторов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной	0,5
7. Водяное отопление без регулирования	0,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 - РАСЧЕТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА И КРАТНОСТЬ ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

приложение Г, табл. Г.1[2]

Наименование помещений	Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С	Кратность воздухообмена или количество удаляемого воздуха из помещения	
		приток	вытяжка
Жилая комната в квартире или в общежитии	18	По расчету для компенсации удаляемого воздуха	3 м ³ /ч на 1м ² жилых комнат
Кухня в квартире или общежитии: с электроплитами с газовыми плитами	18	По расчету для приточно-вытяжной механической вентиляции	Не менее 60 м ³ /ч Не менее: 60 м ³ /ч – при двухконфорочных плитах; 75 м ³ /ч – при трехконфорочных плитах; 90 м ³ /ч – при четырехконфорочных плитах
Ванная	25	-	25 м ³ /ч
Уборная индивидуальная	18	-	25 м ³ /ч
Совмещенный санитарный узел	25	-	50 м ³ /ч
Совмещенный санитарный узел с индивидуальным нагревом	18	-	50 м ³ /ч

Примечания:

В угловых помещениях квартир и общежитий расчетную температуру воздуха следует принимать на 2 °С выше указанной в таблице.

Расчетная производительность вытяжной вентиляции, определяемая по норме для кухонь и санитарных узлов, не должна быть ниже расчетного воздухообмена квартиры, определяемого по норме для жилых комнат.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Приложение Г табл. Г.1 [1]

Наименование пункта	Расчетная географическая широта, °с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Период года	Параметры А		Параметры Б		Скорость ветра, м/с	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С
				Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг		
Витебская область									
Верхне-двинск	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	2,9	10,8
			Холодный	–11,0	–8,0	–25,0	–24,3	3,8	–
Полоцк	56	1000	Теплый	21,1	47,0	25,7	50,8	2,9	10,9
			Холодный	–11,5	–8,7	–25,0	–24,0	4,1	–
Шарковщина	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	3,3	10,6
			Холодный	–11,5	–8,0	–24,0	–23,4	4,7	–
Витебск	56	990	Теплый	21,1	47,8	25,7	51,4	3,1	10,3
			Холодный	–12,0	–9,4	–25,0	–24,4	4,8	–
Лепель	54	990	Теплый	21,0	47,2	25,6	50,8	2,3	9,9
			Холодный	–11,5	–8,7	–24,0	–23,5	2,9	–
Минская область									
Вилейка	54	990	Теплый	21,4	47,0	26,0	50,6	2,6	11,0
			Холодный	–10,0	–6,7	–24,0	–22,9	3,9	–
Борисов	54	990	Теплый	21,6	47,5	26,2	51,1	2,6	10,8
			Холодный	–11,0	–8,0	–24,0	–23,2	3,8	–
Воложин	54	990	Теплый	20,8	47,0	25,4	50,6	2,8	9,8
			Холодный	–9,5	–6,0	–23,0	–21,9	4,2	–
Минск	54	990	Теплый	21,2	47,2	25,8	50,6	2,6	10,3
			Холодный	–10,0	–6,8	–24,0	–22,7	3,7	–
Марьина Горка	54	990	Теплый	21,8	48,3	26,4	51,7	3,3	11,4
			Холодный	–11,0	–7,3	–24,0	–22,7	4,3	–
Слуцк	54	1000	Теплый	21,8	48,4	26,4	51,8	3,3	11,3
			Холодный	–9,5	–6,1	–23,0	–21,6	4,8	–
Гродненская область									
Лида	54	1000	Теплый	21,5	47,0	26,1	50,6	3,0	10,9
			Холодный	–9,0	–5,4	–22,0	–20,8	4,0	–
Гродно	54	1000	Теплый	21,7	47,6	26,3	51,4	1,0	10,6
			Холодный	–8,5	–4,7	–22,0	–20,5	5,6	–
Новогрудок	54	980	Теплый	20,3	47,0	24,9	50,6	3,1	9,1
			Холодный	–10,0	–6,0	–21,0	–20,3	5,6	–
Волковыск	54	990	Теплый	22,0	47,6	26,6	51,5	3,3	11,0
			Холодный	–8,5	–4,8	–21,0	–20,4	4,5	–
Могилевская область									
Горки	54	990	Теплый	21,1	48,4	25,7	52,4	3,1	10,6
			Холодный	–12,5	–9,9	–26,0	–25,2	5,3	–
Могилев	54	990	Теплый	21,6	47,8	26,2	51,6	3,7	10,8
			Холодный	–11,5	–8,7	–24,0	–23,2	4,7	–
Славгород	54	1000	Теплый	22,0	49,0	26,6	52,5	3,4	10,6
			Холодный	–11,5	–8,7	–24,0	–23,6	4,4	–
Бобруйск	54	1000	Теплый	22,3	48,8	26,9	52,2	3,2	11,2
			Холодный	–10,5	–7,4	–23,0	–22,2	3,9	–
Брестская область									
Барановичи	54	990	Теплый	21,9	47,3	26,5	51,2	3,3	10,9
			Холодный	–9,0	–5,4	–22,0	–21,0	4,8	–
Ганцевичи	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,0	3,4	12,0

			Холодный	–9,0	–5,5	–22,0	–20,8	3,5	–
Пружаны	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,4	2,5	11,3
			Холодный	–8,0	–4,1	–22,0	–20,5	3,2	–
Брест	52	1000	Теплый	22,6	49,6	27,2	53,0	2,9	10,8
			Холодный	–7,0	–2,8	–21,0	–19,6	3,7	–
Пинск	52	1000	Теплый	22,4	50,0	27,0	53,6	3,6	11,1
			Холодный	–8,5	–4,8	–21,0	–19,9	5,1	–
Гомельская область									
Жлобин	52	1000	Теплый	22,4	49,4	27,0	53,0	2,8	10,9
			Холодный	–10,5	–7,5	–24,0	–22,9	3,6	–
Гомель	52	1000	Теплый	22,3	50,3	26,9	54,0	3,4	10,5
			Холодный	–10,5	–7,5	–24,0	–23,3	4,0	–
Василе- вичи	52	1000	Теплый	22,8	49,8	27,4	53,7	1,0	11,8
			Холодный	–10,0	–6,9	–23,0	–22,2	3,7	–
Житковичи	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,4	2,6	11,6
			Холодный	–9,0	–5,6	–22,0	–21,1	3,3	–
Лельчицы	52	1000	Теплый	22,8	50,0	27,4	53,7	1,5	11,8
			Холодный	–9,0	–5,6	–22,0	–20,7	3,6	–
Брагин	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,6	1,0	11,6
			Холодный	–10,0	–6,8	–22,0	–21,4	4,9	–

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – ДОПУСТИМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛА

Наименование зоны	Допустимая температура, °С согласно п.6.2.5 СН 4.02.03-2019
Постоянное пребывание людей	29
То же, в детских учреждениях и зданиях лечебного назначения	26
Временное пребывание людей	33
То же, в детских учреждениях и зданиях лечебного назначения	31
Для обходных дорожек и скамей крытых плавательных бассейнов	33
То же, в детских учреждениях и зданиях лечебного назначения	31
Максимальная температура по оси нагревательного элемента	37
То же, в детских учреждениях и зданиях лечебного назначения	35

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – ТЕПЛОВОЙ ПОТОК ОТ ТРУБ ТЕПЛОГО ПОЛА

Таблица 1 – Тепловой поток от труб тёплого пола (потери тепла в нижнем направлении не превышают 10%). Покрытие пола – плитка керамическая ($\lambda=1,00$ Вт/м °С) толщиной 12 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки – 0,93 Вт/м °С.

Средняя температура теплоносителя, °С	Температура воздуха в помещении, °С	Удельный тепловой поток по направлению вверх, Вт/м ² при толщине стяжки $\delta_{\text{ст}}^{\text{в}}$ от верха трубы, мм														
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			шаг труб 25 см			шаг труб 30 см		
		$\delta_{\text{ст}}^{\text{в}}$			$\delta_{\text{ст}}^{\text{в}}$			$\delta_{\text{ст}}^{\text{в}}$			$\delta_{\text{ст}}^{\text{в}}$			$\delta_{\text{ст}}^{\text{в}}$		
		30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50
32,5	15	112	105	98	106	99	93	100	94	89	95	89	85	90	85	81
	20	80	75	70	75	71	67	71	67	63	67	64	60	64	60	57
	25	48	45	42	45	42	40	43	40	38	40	38	36	38	36	34
35	15	128	120	113	121	113	107	114	107	101	108	102	97	103	97	92
	20	96	90	84	90	85	80	85	80	76	81	76	72	77	73	69
	25	64	60	56	60	56	53	57	53	50	53	50	48	51	48	46
37,5	15	144	135	127	136	127	120	128	121	114	122	115	109	116	109	104
	20	112	105	98	105	99	93	100	94	89	94	89	84	90	85	81
	25	-	75	70	75	70	66	71	67	63	67	63	60	64	60	57
40	15	160	150	141	151	142	133	143	134	127	135	128	121	128	122	115
	20	-	120	112	120	113	107	114	107	101	108	102	96	102	97	92
	25	-	-	-	-	-	-	85	80	76	80	76	72	76	72	69
42,5	15	-	165	155	166	156	147	157	148	140	149	140	133	141	134	127
	20	-	-	-	136	127	120	128	121	114	121	115	109	115	109	104
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	89	84	89	85	80
45	15	-	-	-	181	170	160	171	161	152	162	153	145	154	146	139
	20	-	-	-	-	-	-	142	134	127	135	127	121	128	121	115
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108	102	96	102	97	92
47,5	15	-	-	-	-	-	-	185	175	165	176	166	157	167	158	150
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	148	140	133	141	133	127
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	109	103
50	15	-	-	-	-	-	-	200	188	178	189	179	169	180	170	162
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	162	153	145	154	146	138
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128	121	115
52,5	15	-	-	-	-	-	-	214	-	-	203	191	181	193	182	173
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	175	166	-	167	158	150
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: **156** – температура поверхности пола выше 29°C

- – температура поверхности пола выше 33°C, либо температура по оси трубы выше 37°C

Таблица 2 – Тепловой поток от труб тёплого пола (потери тепла в нижнем направлении не превышают 10%). Покрытие пола – ковролин ($\lambda=0,07$ Вт/м^{°С}) толщиной 5 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки — 0,93 Вт/м^{°С}.

Средняя температура теплоносителя, °С	Температура воздуха в помещении, °С	Удельный тепловой поток по направлению вверх, Вт/м ² при толщине стяжки $\delta_{\text{СТ}}^B$ от верха трубы, мм														
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			шаг труб 25 см			шаг труб 30 см		
		$\delta_{\text{СТ}}^B$			$\delta_{\text{СТ}}^B$			$\delta_{\text{СТ}}^B$			$\delta_{\text{СТ}}^B$			$\delta_{\text{СТ}}^B$		
		30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50
32,5	15	81	77	74	78	74	71	74	71	68	71	68	66	69	66	63
	20	58	55	53	55	53	50	53	51	48	51	49	47	49	47	45
	25	35	33	31	33	31	30	32	30	29	30	29	28	29	28	27
35	15	93	88	84	89	85	81	85	81	78	82	78	75	78	75	72
	20	69	66	63	66	63	61	64	61	58	61	58	56	59	56	54
	25	46	44	42	44	42	40	42	40	39	40	39	37	39	37	36
37,5	15	104	99	95	100	95	91	96	91	88	92	88	84	88	85	81
	20	81	77	74	77	74	71	74	71	68	71	68	65	68	66	63
	25	58	55	52	55	53	50	53	50	48	51	48	46	49	47	45
40	15	116	110	105	111	106	101	106	102	97	102	98	94	98	94	90
	20	93	88	84	89	84	81	85	81	78	81	78	75	78	75	72
	25	-	-	-	66	63	60	63	61	58	61	58	56	58	56	54
42,5	15	127	121	116	122	116	111	117	112	107	112	107	103	108	103	99
	20	-	-	-	100	95	91	95	91	87	92	88	84	88	84	81
	25	-	-	-	-	-	-	74	71	68	71	68	65	68	65	63
45	15	-	-	-	133	127	121	127	122	117	122	117	112	118	113	108
	20	-	-	-	111	106	101	106	101	97	102	97	94	98	94	90
	25	-	-	-	-	-	-	85	-	-	81	78	75	78	75	72
47,5	15	-	-	-	144	137	131	138	132	126	133	127	122	128	122	117
	20	-	-	-	-	-	-	117	112	107	112	107	103	108	103	99
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	88	84	88	84	81
50	15	-	-	-	155	-	-	149	142	136	143	137	131	137	132	127
	20	-	-	-	-	-	-	127	122	-	122	117	112	117	113	108
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102	97	-	98	94	90
52,5	15	-	-	-	-	-	-	159	152	146	153	147	141	147	141	136
	20	-	-	-	-	-	-	138	-	-	132	127	122	127	122	117
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	107	103	99

Примечание: 156 – температура поверхности пола выше 29°С

- - температура поверхности пола выше 33°С, либо температура по оси трубы выше 37°С

Таблица 3 – Тепловой поток от труб тёплого пола (потери тепла в нижнем направлении не превышают 10%). Покрытие пола – паркет ($\lambda=0,2$ Вт/м °С) толщиной 15 мм по фанере ($\lambda=0,18$ Вт/м °С) толщиной 12 мм. Коэффициент теплопроводности стяжки – 0,93 Вт/м °С.

Средняя температура теплоносителя, °С	Температура воздуха в помещении, °С	Удельный тепловой поток по направлению вверх, Вт/м ² при толщине стяжки $\delta_{\text{ст}}^B$ от верха трубы, мм														
		шаг труб 10 см			шаг труб 15 см			шаг труб 20 см			шаг труб 25 см			шаг труб 30 см		
		$\delta_{\text{ст}}^B$			$\delta_{\text{ст}}^B$			$\delta_{\text{ст}}^B$			$\delta_{\text{ст}}^B$			$\delta_{\text{ст}}^B$		
		30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50	30	40	50
32,5	15	61	59	57	59	57	55	57	55	53	55	54	52	54	52	50
	20	44	42	41	42	41	39	41	39	38	39	38	37	38	37	36
	25	26	25	24	25	24	23	24	23	22	23	23	22	23	22	21
35	15	70	67	65	68	65	63	65	63	61	63	61	59	61	59	58
	20	52	50	49	51	49	47	49	47	46	47	46	44	46	44	43
	25	35	34	32	34	32	31	32	31	30	31	30	29	30	29	28
37,5	15	79	76	73	76	73	71	73	71	69	71	69	67	69	67	65
	20	61	59	57	59	57	55	57	55	53	55	53	52	53	52	50
	25	44	42	40	42	40	39	41	39	38	39	38	37	38	37	36
40	15	87	84	81	84	81	79	82	79	76	79	76	74	77	74	72
	20	70	67	65	67	65	63	65	63	61	63	61	59	61	59	57
	25	-	-	-	50	49	47	49	47	45	47	46	44	46	44	43
42,5	15	-	-	-	93	90	87	90	87	84	87	84	81	84	82	79
	20	-	-	-	76	73	71	73	71	69	71	69	66	69	67	65
	25	-	-	-	-	-	-	57	55	53	55	53	51	53	52	50
45	15	-	-	-	101	98	94	98	95	92	95	92	89	92	89	86
	20	-	-	-	84	-	-	82	79	76	79	76	74	77	74	72
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	61	59	61	59	57
47,5	15	-	-	-	110	-	-	106	103	99	103	99	96	100	96	93
	20	-	-	-	-	-	-	90	87	84	87	84	81	84	81	79
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	69	-	69	66	64
50	15	-	-	-	-	-	-	114	110	107	111	107	104	107	104	101
	20	-	-	-	-	-	-	98	95	-	95	92	89	92	89	86
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	74	72
52,5	15	-	-	-	-	-	-	122	118	-	119	115	111	115	111	108
	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	99	96	100	96	93
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	81	79

Примечание: 156 – температура поверхности пола выше 29°С

- - температура поверхности пола выше 33°С, либо температура по оси трубы выше 37°С

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ

Гидравлические характеристики полимерных и металлополимерных труб при средней температуре теплоносителя 35 °С

Расход, л/с	Вода				Раствор гликоля			
	16х2,0		20х2,0		16х2,0		20х2,0	
	v, м/с	R, Па/м	v, м/с	R, Па/м	v, м/с	R, Па/м	v, м/с	R, Па/м
0,005	0,044	8	0,025	3	0,044	35	0,025	11
0,010	0,088	16	0,050	5	0,088	70	0,050	22
0,015	0,133	24	0,070	8	0,133	105	0,070	33
0,020	0,177	57	0,100	10	0,177	140	0,100	44
0,035	0,221	85	0,124	22	0,221	175	0,124	55
0,030	0,266	117	0,149	30	0,266	209	0,149	66
0,035	0,310	153	0,174	39	0,310	245	0,174	77
0,040	0,354	193	0,199	49	0,354	280	0,199	89
0,045	0,398	237	0,224	61	0,398	315	0,224	100
0,050	0,442	285	0,249	73	0,442	350	0,249	111
0,055	0,487	337	0,274	86	0,487	384	0,274	122
0,060	0,531	393	0,299	100	0,531	420	0,299	132
0,065	0,575	452	0,323	115	0,575	454	0,323	144
0,070	0,619	514	0,348	131	0,619	489	0,348	154
0,075	0,663	580	0,373	148	0,663	892	0,373	166
0,080	0,708	649	0,398	166	0,708	999	0,398	177
0,085	0,752	722	0,423	184	0,752	1111	0,423	188
0,090	0,796	798	0,448	204	0,796	1228	0,448	199
0,095	0,840	877	0,472	224	0,840	1350	0,472	210
0,100	0,884	960	0,498	244	0,884	1477	0,498	377
0,105	0,929	1045	0,522	267	0,929	1608	0,522	410
0,110	0,973	1134	0,547	289	0,973	1745	0,547	445
0,115	1,020	1226	0,572	312	1,020	1886	0,572	481
0,120	–	–	0,597	337	–	–	0,597	518
0,125	–	–	0,622	362	–	–	0,622	556
0,130	–	–	0,647	387	–	–	0,647	596
0,135	–	–	0,672	414	–	–	0,672	637
0,140	–	–	0,696	441	–	–	0,696	679
0,145	–	–	0,722	469	–	–	0,722	721
0,150	–	–	0,746	497	–	–	0,746	766
0,155	–	–	0,771	527	–	–	0,771	811
0,160	–	–	0,795	557	–	–	0,795	857
0,165	–	–	0,821	588	–	–	0,821	905
0,170	–	–	0,846	619	–	–	0,846	953
0,175	–	–	0,871	651	–	–	0,871	1003
0,180	–	–	0,896	685	–	–	0,896	1053
0,185	–	–	0,920	718	–	–	0,920	1105
0,190	–	–	0,945	752	–	–	0,945	1158
0,195	–	–	0,970	787	–	–	0,970	1212
0,200	–	–	0,995	823	–	–	0,995	1267
0,205	–	–	1,020	859	–	–	1,020	1323

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАПАНОВ VALTEC

Таблица 1 – Пропускная способность регулирующих и балансировочных клапанов коллекторных блоков VALTEC

Пропускная способность, м ³ /ч	Коллекторный блок		
	VTc.582	VTc.588	VTc.594
Регулирующего клапана	2,4	2,5	2,5
Балансировочного клапана при количестве оборотов:			
0,5	-	0,13	0,13
1	0,03	0,26	0,26
1,5	0,22	0,52	0,52
2	0,85	0,78	0,78
2,5	1,25	1,03	1,03
3	1,8	1,18	1,18
3,5	2,0	1,3	1,3
4	2,8	1,56	1,56
4,5	3,0	1,92	1,92
5	3,3	2,08	2,08
5,5	-	2,22	2,22
6	-	2,34	2,34
полностью открыт	3,8	2,6	2,6

Таблица 2 – Пропускная способность термостатических и балансировочных клапанов насосно-смесительных узлов VALTEC

Пропускная способность, м ³ /ч	Насосно-смесительный узел		
	VT.Combi	VT.Valmix	VT.Technomix
Термостатического клапана	0,9	1,1	0,9
Балансировочного клапана при настройке:			
0(0,1)	-	0,17	-
1	1	1,23	0,72
2	1,75	2,59	1,99
3	2,5	3,13	2,97
4	3,5	3,32	5,12
5	5	3,42	11,26

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 – ПЛОТНОСТЬ И ТЕПЛОЁМКОСТЬ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Вид теплоносителя	Показатель	Температура, °C					
		25	30	35	40	45	50
Вода	ρ , кг/м ³	997	995	994	992	990	988
	c , Дж/кг °C	4180	4178	4178	4178	4179	4180
Гликоль 65%	ρ , кг/м ³	1083	1080	1078	1075	1072	1069
	c , Дж/кг °C	2987	3000	3018	3034	3050	3070
Гликоль 30%	ρ , кг/м ³	1058	1055	1053	1051	1049	1046
	c , Дж/кг °C	3459	3466	3481	3497	3511	3526

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 – ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБ

Таблица 1 – Таблица для гидравлического расчета труб PPR (полипропиленовых) фирмы «KAN-therm»

G, кг/ч	16×2,7		20×3,4		25×4,2		32×5,4		40×6,7	
	v (м/с)	R (Па/м)	v (м/с)	R (Па/м)	v (м/с)	R (Па/м)	v (м/с)	R (Па/м)	v (м/с)	R (Па/м)
4,3	0,01	2	0,01	1						
8,6	0,03	3	0,02	1	0,01	1				
17,2	0,06	6	0,04	3	0,02	1				
25,8	0,08	10	0,05	4	0,03	2	0,02	1		
34,4	0,11	25	0,07	5	0,05	2	0,03	1		
43	0,14	36	0,09	13	0,06	3	0,03	1		
51,6	0,17	49	0,11	18	0,07	6	0,04	1		
60,2	0,19	64	0,12	23	0,08	8	0,05	3	0,03	1
68,8	0,22	80	0,14	29	0,09	10	0,06	3	0,04	1
77,4	0,25	98	0,16	35	0,10	12	0,06	4	0,04	1
86	0,28	118	0,18	42	0,11	14	0,07	5	0,04	2
94,6	0,30	139	0,20	49	0,12	17	0,08	5	0,05	2
103,2	0,33	161	0,21	57	0,14	19	0,08	6	0,05	2
111,8	0,38	185	0,23	66	0,15	22	0,09	7	0,06	2
120,4	0,39	210	0,25	74	0,16	25	0,10	8	0,06	3
129			0,27	84	0,17	28	0,10	9	0,07	3
137,6			0,29	94	0,18	32	0,11	10	0,07	3
146,2			0,30	104	0,19	35	0,12	11	0,07	4
154,8			0,32	115	0,20	39	0,12	12	0,08	4
163,4			0,34	126	0,21	43	0,13	13	0,08	5
172			0,36	138	0,23	47	0,14	15	0,09	5
180,6			0,37	150	0,24	51	0,15	16	0,09	5
189,2			0,39	162	0,25	55	0,15	17	0,10	6
197,8			0,41	175	0,26	59	0,16	19	0,10	6
206,4			0,43	189	0,27	64	0,17	20	0,11	7
215			0,45	203	0,28	68	0,17	22	0,11	7
223,6					0,29	73	0,18	23	0,11	8
232,2					0,30	78	0,19	25	0,12	8
240,8					0,32	83	0,19	26	0,12	9
249,4					0,33	89	0,20	28	0,13	10
258					0,34	94	0,21	30	0,13	10
266,6					0,35	99	0,21	31	0,14	11
275,2					0,36	105	0,22	33	0,14	11
283,8					0,37	111	0,23	35	0,14	12
292,4					0,38	117	0,24	37	0,15	13
301					0,39	123	0,24	39	0,15	13
309,6					0,41	129	0,25	40	0,16	14
318,2					0,42	135	0,26	42	0,16	15
326,8					0,43	142	0,26	44	0,17	15
335,4					0,44	148	0,27	46	0,17	16

344					0,45	155	0,28	49	0,18	17
352,6					0,46	162	0,28	51	0,18	17
361,2					0,47	169	0,29	53	0,18	18
369,8					0,49	176	0,30	55	0,19	19
378,4					0,50	183	0,30	57	0,19	20
387					0,51	190	0,31	60	0,20	20
395,6					0,52	198	0,32	62	0,20	21
404,2					0,53	205	0,33	64	0,21	22
412,8							0,33	67	0,21	23
421,4							0,34	69	0,22	24
430							0,35	72	0,22	24
473							0,38	85	0,24	29
516							0,41	98	0,26	34
559							0,45	113	0,29	39
602							0,48	129	0,31	44
645							0,52	146	0,33	50
688							0,55	163	0,35	55
731							0,59	181	0,37	62
774							0,62	201	0,40	68
817									0,42	75
860									0,44	82
946									0,48	97
1032									0,53	113

Таблица 2 – Таблица для гидравлического расчета труб РЕ-Хс, РЕ-RT (полиэтиленовых) фирмы «KAN-therm»

G, кг/ч	Ø12×2		Ø14×2		Ø18×2		Ø18×2,5		Ø25×3,5		Ø32×4,4	
	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м
4,3	0,024	4,3										
8,6	0,049	8,5					0,02	1				
12,9	0,073	12,8	0,05	6	0,02	1	0,03	2				
17,2	0,098	17,0	0,06	10	0,03	2	0,04	2				
21,5	0,122	26,3	0,08	15	0,04	3	0,05	3				
25,8	0,147	48,3	0,09	20	0,05	4	0,06	4				
30,1	0,171	73,4	0,11	26	0,06	5	0,07	5				
34,4	0,196	93,3	0,13	33	0,065	7	0,07	6				
38,7	0,220	114,5	0,14	40	0,07	8	0,08	9				
43,0	0,245	137,5	0,16	48	0,08	10	0,09	12	0,05	3		
47,3	0,269	162,4	0,17	56	0,09	12	0,10	16				
51,6	0,293	189,1	0,19	65	0,10	13	0,11	19	0,06	4		
55,9	0,318	217,6	0,20	74	0,105	15	0,12	22				
60,2	0,342	247,9	0,22	85	0,11	17	0,13	24	0,07	5		
64,5	0,367	280,0	0,23	95	0,12	19	0,14	28				
68,8	0,391	31,8	0,25	106	0,13	22	0,15	31	0,08	7		
73,1	0,416	349,3	0,27	118	0,14	24	0,16	34				
77,4	0,440	386,5	0,28	130	0,145	26	0,17	38	0,09	8		
81,7	0,465	425,5	0,30	143	0,15	29	0,18	41				
86,0	0,489	46,2	0,31	156	0,16	32	0,19	45	0,10	10	0,06	3
94,6	0,538	552,5	0,34	185	0,18	37	0,20	54				
103,2	0,587	645,6	0,38	215	0,19	43	0,2	62	0,12	13	0,07	4
111,8	0,636	745,2	0,41	247	0,21	50	0,24	72				
120,4	0,685	851,4	0,44	281	0,22	57	0,26	82	0,14	17	0,08	5
129,0	0,734	964,2	0,47	318	0,24	64	0,28	92	0,145	19	0,09	6
137,6			0,50	356	0,26	71	0,30	103	0,15	22	0,09	7
146,2			0,53	396	0,27	79	0,32	115	0,16	24	0,10	7
154,8			0,56	438	0,29	88	0,33	127	0,17	27	0,10	8
163,4			0,59	482	0,30	96	0,35	140	0,18	29	0,11	9
172,0			0,63	528	0,32	105	0,37	153	0,19	32	0,12	10
189,2			0,69	625	0,35	124	0,41	182	0,21	38	0,13	11
206,4			0,75	730	0,38	145	0,45	212	0,23	44	0,14	13
223,6			0,81	842	0,42	167	0,48	245	0,25	50	0,15	15
240,8			0,88	961	0,45	190	0,52	280	0,27	57	0,16	17
258,0			0,94	1113	0,48	215	0,56	317	0,29	65	0,17	20
279,5			1,02	1256	0,52	247	0,60	366	0,31	74	0,19	22
301,0			1,10	1435	0,56	282	0,65	418	0,34	85	0,20	26
322,5			1,17	1626	0,6	327	0,70	473	0,36	96	0,22	30
344,0			1,25	1827	0,64	358	0,74	532	0,39	107	0,23	32

G кг/ч	Ø12×2		Ø14×2		Ø18×2		Ø18×2,5		Ø25×3,5		Ø32×4,4	
	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м
365,5					0,67	399	0,79	594	0,41	119	0,25	36
387,0					0,72	442	0,83	659	0,43	132	0,26	40
408,5					0,76	487	0,88	727	0,46	145	0,28	44
430,0					0,80	533	0,93	799	0,48	159	0,29	48
473,0					0,89	633	1,02	951	0,53	188	0,32	57
516,0					0,96	740	1,11	1115	0,58	220	0,35	67
559,0					1,04	856	1,20	1292	0,63	254	0,38	77
602,0					1,12	978	1,90	1481	0,68	289	0,41	88
645,0					1,9	1109			0,72	328	0,44	99
688,0					1,28	1247			0,77	368	0,47	111
731,0									0,82	410	0,49	124
774,0									0,87	455	0,52	138
817,0									0,92	501	0,55	152

Таблица 3 – Таблица для гидравлического расчета труб PE-RT/AL/PE-HD (металлополимерных) фирмы «KAN-therm»

G кг/ч	Ø14×2		Ø16×2		Ø20×2		Ø26×3	
	v, м/с	R, Па/м	v, м/с	R, Па/м	v, м/с	R, Па/м	v, м/с	R, Па/м
12,9	0,05	6	0,03	3				
17,2	0,06	10	0,04	3				
21,5	0,08	15	0,05	4				
25,8	0,09	20	0,07	5	0,04	2		
30,1	0,11	26	0,08	6	0,04	2		
34,4	0,13	33	0,09	10	0,05	2		
38,7	0,14	40	0,10	14	0,06	3		
43,0	0,16	48	0,11	19	0,06	3	0,04	1
47,3	0,17	56	0,12	24	0,07	5		
51,6	0,19	65	0,13	27	0,07	6	0,05	2
55,9	0,20	74	0,14	31	0,08	8		
60,2	0,22	85	0,15	36	0,09	9	0,06	3
64,5	0,23	95	0,16	40	0,09	10		
68,8	0,25	106	0,17	45	0,10	12	0,06	4
73,1	0,27	118	0,19	50	0,10	13		
77,4	0,28	130	0,20	55	0,11	14	0,07	5
81,7	0,30	143	0,21	61	0,12	15		
86,0	0,31	156	0,22	66	0,12	17	0,08	6
94,6	0,34	185	0,24	79	0,13	20	0,09	7
103,2	0,38	215	0,26	91	0,15	23	0,09	8
111,8	0,41	247	0,28	105	0,16	27	0,10	9
120,4	0,44	281	0,30	120	0,17	30	0,11	11
129,0	0,47	318	0,33	135	0,18	34	0,12	12
137,6	0,50	356	0,35	152	0,20	38	0,13	13
146,2	0,53	396	0,37	169	0,21	43	0,13	15
154,8	0,56	438	0,39	187	0,22	47	0,14	16
163,4	0,59	482	0,41	206	0,23	52	0,15	18
172,0	0,63	528	0,44	226	0,25	57	0,16	20
189,2	0,69	625	0,48	268	0,27	67	0,17	23
206,4	0,75	730	0,52	313	0,29	78	0,19	27
223,6	0,81	842	0,57	361	0,32	90	0,20	31
240,8	0,88	961	0,61	412	0,34	103	0,22	35
258,0	0,94	1113	0,65	467	0,37	116	0,24	40
279,5	1,02	1256	0,71	540	0,40	134	0,25	46
301,0	0,43	153	0,27	52	0,16	15	0,10	5
322,5	0,46	173	0,29	59	0,17	17	0,10	5
344,0	0,49	194	0,31	66	0,18	19	0,11	6
365,5	0,52	216	0,33	74	0,20	21	0,12	6
387,0	0,55	240	0,34	81	0,21	23	0,13	7
408,5	0,56	264	0,37	90	0,22	25	0,14	8
430,0	0,61	290	0,39	98	0,23	28	0,15	9
473,0	0,67	344	0,43	117	0,26	32	0,16	10
516,0	0,73	403	0,47	136	0,28	38	0,17	12
559,0			0,51	157	0,30	44	0,19	14
602,0			0,55	180	0,32	50	0,20	16
645,0			0,59	204	0,35	57	0,22	18

731,0			0,67	256	0,40	72	0,24	23
817,0			0,74	313	0,44	87	0,27	28
G кг/ч	Ø20×2		Ø26×3		Ø32×3		Ø40×3,5	
	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м	v м/с	R Па/м
946,0			0,86	409	0,50	114	0,32	36
1076,4					0,58	143	0,36	45
1288,8					0,70	200	0,43	62
1720,8					0,93	337	0,56	106
2149,2					1,16	509	0,72	158
2581,2							0,86	221
3438,0							1,15	375
4298,4							1,44	567

ПРИЛОЖЕНИЕ 10 – КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Таблица 1 – Таблица для определения коэффициентов местных сопротивлений труб PPR (полипропиленовых) фирмы «KAN-therm»

Тип сопротивления		Коэффициенты местных сопротивлений
Схема	Название	
	отвод	1,2
	тройник на проход	0,25
	тройник на ответвлении при разделении потоков	3,0
	тройник на ответвлении при слиянии потоков	1,8
	редукция	0,5

Таблица 2 – Таблица для определения коэффициентов местных сопротивлений труб PE-RT/AL/PE-HD (металлополимерных) PE-Xc, PE-RT (полиэтиленовых) фирмы «KAN-therm»

Тип сопротивления		Коэффициенты местных сопротивлений
Схема	Название	
	отвод	1,0
	тройник проходной	0,5
	тройник на ответвлении при разделении потоков	3,0
	тройник на ответвлении при слиянии потоков	1,5
	редукция	0,8

Таблица 3 – Коэффициенты местных сопротивлений стальных панельных радиаторов «Лидея»

Тип радиатора	Коэффициент местных сопротивлений
10, 11, 11A	31
20, 20A, 21	18,5
22	18
30, 30A, 33	12

ПРИЛОЖЕНИЕ 11 – ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ И ЗАПОРНЫХ КЛАПАНОВ

Таблица 1 – Пропускная способность термостатических клапанов

Преднастройка	Термостатический клапан				
	Valtec VT.038 (угловой)	Heimeier с предварительной настройкой	Heimeier с высокоточной настройкой	Herz TS-90-V	ОДО «Оникс» (Гомель) Т-15-0.002
1	0.09	0,054	0,017	0,03	0,02
2	0.19	0,104	0,041	0,05	0,07
3	0.28	0,174	0,063	0,09	0,17
4	0.36	0,247	0,114	0,15	0,25
5	0.49	0,459	0,187	0,20	0,30
6	0.57	0,730	0,730	0,25	0,34
7	–	–	–	0,32	0,36
8	–	–	–	0,4	0,38
9	–	–	–	0,55	–

Таблица 2 – Пропускная способность запорного клапана RL-1 Herz

Исполнение	Диаметр	Пропускная способность k_v , м ³ /ч
Прямой 3723	3/8" (10мм)	1,5
	1/2" (15мм)	1,9
	3/4" (20мм)	2,0
Угловой 3724	3/8" (10мм)	2,15
	1/2" (15мм)	2,6
	3/4" (20мм)	2,6

[вернуться к оглавлению](#)

III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Актуальность создания комфортных условий на сельскохозяйственных объектах.
2. Общие сведения о технологии содержания животных и птицы. Требования, предъявляемые к микроклимату помещений.
3. Отопление и теплоснабжение животноводческих и птицеводческих помещений,
4. Отопление и теплоснабжение теплиц, зданий и помещений для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, зерна, складских помещений.
5. Водяное (с радиаторами и конвекторами, теплые полы, теплые стены), воздушное и электрическое отопление индивидуальных жилых домов: схемы, особенности применения.
6. Теплоснабжение индивидуальных жилых домов. Источники теплоснабжения.
7. Теплоснабжение индивидуальных жилых домов от двухконтурных газовых котлов.
8. Теплоснабжение индивидуальных жилых домов от одноконтурных газовых котлов с бойлерами косвенного нагрева Системы горячего водоснабжения индивидуальных жилых домов.
9. Гидравлические схемы обвязки систем теплоснабжения.
10. Автоматизированное управление системами отопления и теплоснабжения индивидуальных жилых домов.
11. Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения. Солнечное теплоснабжение.
12. Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения. Тепловые насосы
13. Особенности проектирования низкотемпературной системы отопления
14. Устройство системы водяного отопления индивидуального жилого дома радиаторами и теплым полом.
15. Способы автоматизированного управления современными системами водяного отопления индивидуальных жилых домов.

[вернуться к оглавлению](#)

IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

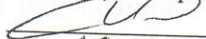
Р-1

2025

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор университета

 С.А.Касперович

26.06. 2025

Регистрационный № УД-25-1-115 /уч.

Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности,
7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений»
профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и
охрана воздушного бассейна»

2025

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 7-07-0732-02-2023 утв. постановление Министерства образования Республики Беларусь № 289 от 28.08.2023, учебного плана учреждения образования по специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» (от 14.04.2023 протокол №5, регистрационный номер в-319-1-23/уч.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

Новосельцев В.Г., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, кандидат технических наук, доцент.

Новосельцева Д.В., доцент кафедры природообустройства, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Новик Ю.Н., начальник отдела экспертизы инженерного обеспечения управления экспертизы проектно-сметной документации дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области».

Мороз В.В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой природообустройства БрГТУ

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

Заведующий кафедрой _____ В.Г.Новосельцев
(протокол № 11 от 22 мая 2025 г.);

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии

Председатель методической комиссии _____ В.Г.Новосельцев
(протокол № 5 от 19 июня 2025 г.);

Научно-методическим советом БрГТУ
(протокол № 4 от 26 июня 2025 г.)

исходник УМО от Т.В.Гуринцев

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины.

Учебная дисциплина «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства» относится к модулю «Системы тепло- и газоснабжения» компонента учреждения высшего образования учебного плана высшего образования.

Цель преподавания учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства» является формирование у студентов системы знаний по системам отопления сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства, изучение устройства и принципов работы с современным оборудованием систем отопления, умения проектировать современные энергосберегающие системы отопления сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства.

Задачи учебной дисциплины:

- обучение студентов обоснованному выбору тепловых условий в помещении сельскохозяйственного назначения и индивидуальных жилых домов;
- овладение методами анализировать и систематизировать техническую информацию и программное обеспечение (справочные каталоги отопительного оборудования и материалов, средств автоматизации; программы по подбору, расчёту и конструированию оборудования и систем; и др);
- формирование навыков работы с программами по подбору, расчёту и конструированию оборудования и систем отопления и теплоснабжения для сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;
- изучение принципов обоснованного и комплексного подхода при выборе автоматизированной основной схемы теплоснабжения здания сельскохозяйственного назначения и индивидуальных жилых домов с учётом комплексного и эффективного использования возможных источников энергии;
- овладение методами наладки систем теплоснабжения объектов индивидуального строительства;
- обучение студентов проектированию и методикам расчета различных систем отопления и теплоснабжения.

В результате изучения учебной дисциплины «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства» формируются следующие **компетенции**:

Применять методы научного познания в исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи

Решать профессиональные, научно-исследовательские и инновационные задачи на основе применения информационно-коммуникационных технологий

Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности, развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности

Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности, быть способным к прогнозированию условий реализации профессиональной деятельности и решению профессиональных задач в условиях неопределенности

Осуществлять расчет и подбор систем теплогазоснабжения для решения прикладных и инженерных задач

Применять методики расчета и подбора оборудования систем теплоснабжения и вентиляции, анализировать режимы, перспективы и направления их развития.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– теоретические основы построения и функционирования системы теплоснабжения и их основных частей: отопления, горячего водоснабжения, тепловых сетей и источников теплоты сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;

– основные вопросы теории и практики регулирования теплоснабжения-теплопотребления сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;

– конструкции систем теплоснабжения сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства, их элементы, устройство, принципы работы всех элементов системы и их взаимодействие, основы эксплуатации систем теплоснабжения;

уметь:

- анализировать и систематизировать техническую информацию и программное обеспечение (справочные каталоги отопительного оборудования и материалов, средств автоматизации; программы по подбору, расчету и конструированию оборудования и систем, др., нормативную и методическую литературу)

- определять расчетные теплопотери помещений, мощность системы отопления, сезонные и годовые расходы энергии на отопление сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства;

- рассчитывать системы отопления и теплоснабжения, определять экономические показатели проектируемых систем отопления сельскохозяйственных объектов и объектов индивидуального строительства.

владеть:

самостоятельным проведением библиографической работы с использованием современных информационных технологий;

проведением научных исследований с применением современных методов и технологий;

выбором методов и средств сбора, обработки, анализа, оценки и интерпретации полученных результатов научных исследований;

представлением результатов проведенного научного исследования в виде научного отчета, статьи, доклада, макета, патента.

Связи с другими учебными дисциплинами:

перечень дисциплин, необходимых для изучения дисциплины «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства»: «Отопление», «Теплоснабжение»

перечень дисциплин, для которых необходимо изучение дисциплины «Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов и индивидуального строительства»: «Гидравлическое регулирование современных систем отопления».

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-02	«Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»	4	7	108	3	40	16	8	16			Устный зачет
		4	7	40	1						40	Курсовая работа

План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-02	«Инженерные сети, обо-	4	8	108	3	12	4	4	4			Устный

	рудование зданий и сооружений», профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»											зачет
		4	8	40	1						40	Курсовая работа

План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-02	«Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизация – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»	4	7	108	3	12	4	4	4			Устный зачет
		4	7	40	1						40	Курсовая работа

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1.1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов.

Общие сведения. Актуальность создания комфортных условий на сельскохозяйственных объектах. Общие сведения о технологии содержания животных и птицы. Требования, предъявляемые к микроклимату помещений.

Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов: животноводческих и птицеводческих помещений, теплиц, зданий и помещений для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, зерна, складских помещений.

Отопление и теплоснабжение индивидуального строительства.

Водяное (с радиаторами и конвекторами, теплые полы, теплые стены), воздушное и электрическое отопление индивидуальных жилых домов: схемы, особенности применения.

Теплоснабжение индивидуальных жилых домов. Общие сведения. Источники теплоснабжения. Теплоснабжение индивидуальных жилых домов от двухконтурных газовых котлов, одноконтурных газовых котлов с бой-

лерами косвенного нагрева. Системы горячего водоснабжения индивидуальных жилых домов. Гидравлические схемы обвязки систем теплоснабжения.

Автоматизированное управление системами отопления и теплоснабжения индивидуальных жилых домов.

Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения.

1.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Проектирование и расчет различных видов систем отопления индивидуального жилого дома.

Разработка схемы обвязки газового котла системы теплоснабжения индивидуального жилого дома.

Проектирование системы отопления сельскохозяйственного объекта.

2. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВЫМ ПРОЕКТАМ И РАБОТАМ

КУРСОВАЯ РАБОТА

В рамках изучения дисциплины программой предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Отопление и теплоснабжение индивидуального жилого дома». Количество часов по учебному плану – 40 (1 з.е.)

Курсовая работа состоит из пояснительной записки (15-20 стр.) и графического материала (1 лист формата А1).

В курсовую работу входят следующие разделы: определение расчётных потерь теплоты помещениями и зданием, проектирование горизонтальной системы водяного отопления, гидравлический и тепловой расчёт системы отопления, разработка схемы теплоснабжения и подбор оборудования.

Графическая часть работы состоит из чертежа, на котором изображаются планы здания с нанесением оборудования и теплопроводов запроектированной системы отопления; аксонометрическая схема системы отопления с нанесением оборудования и теплопроводов; схема теплоснабжения; узлы; условные обозначения.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ	ПЗ	СЗ		
1	Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов	5	1	4		20	Устный зачет
2	Отопление и теплоснабжение индивидуального строительства. Автоматизированное управление системами отопления и теплоснабжения инди-	10	5	12		40	Устный зачет Курсовая работа

	видуальных жилых домов.						
3	Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения	1	2			8	Устный зачет Курсовая работа
	Итого	16	8	16		68	

для заочной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ	ПЗ	СЗ		
1	Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов	1	0,5	1		28	Устный зачет
2	Отопление и теплоснабжение индивидуального строительства. Автоматизированное управление системами отопления и теплоснабжения индивидуальных жилых домов.	2,5	3	3		56	Устный зачет Курсовая работа
3	Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения	0,5	0,5			12	Устный зачет Курсовая работа
	Итого	4	4	4		108	

для заочной формы получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ	ПЗ	СЗ		
1	Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов	1	0,5	1		28	Устный зачет
2	Отопление и теплоснабжение индивидуального строительства. Автоматизированное управление системами отопления и теплоснабжения индивидуальных жилых домов.	2,5	3	3		56	Устный зачет Курсовая работа
3	Системы теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства с нетрадиционными источниками теплоснабжения	0,5	0,5			12	Устный зачет Курсовая работа
	Итого	4	4	4		108	

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Перечень литературы

4.1.1. Основная

1. СН 3.02.09-2020 Сельскохозяйственные здания. – Минск, 2021. – 51 с.
2. СН 4.02.05-2020 «Автономные источники теплоснабжения». – Минск, 2021. – 36 с.
3. КНТП-1-20. Комплексные нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения существующих животноводческих объектов по производству молока, говядины и свинины. Издатель – Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2021. – 340с.
4. Махов, Л. М. Отопление: Учеб. для вузов/ Махов Л. М.-2-е изд., испр. М : АСВ, 2019. - 400 с.

4.1.2. Дополнительная

1. СН 4.02.03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2020.
2. СН 3.02.05-2020 Складские здания. – Минск, 2020. – 27 с.
3. Казакевич, П. П. Технологическая концепция «умной» молочной фермы : монография / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка ; рец. : Н.А. Садовов, А.Ф. Трофимов ; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2021. – 245 с.
4. Ходосовский, Д. Н. Ресурсосберегающие технологии содержания свиней как основа получения конкурентоспособной свинины : монография / Д. Н. Ходосовский ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2011. – 306 с.
5. «Методические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для свиноводческих ферм и комплексов», Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГНУ «Росинформа-гротех», 2009. –69 с.
6. Мишуров Н. П., Кузьмина Т. Н. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях: Научный аналитический обзор. М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 340 с.
7. Покотилов В. В., Рутковский М. А. Использование солнечной энергии для повышения энергоэффективности жилых зданий, справочное пособие, Минск, 2015, – 64 с.

8. Коротинский, В. А. Энергосберегающие технологии в АПК : пособие / В. А. Коротинский ; БГАТУ, Кафедра энергетики. – Минск : БГАТУ, 2014. – 212с.

9. Технические каталоги продукции и пособия компании «VALTEC», 2025.

10. Технический каталог продукции ООО «БЕЛТЕХКОМ», 2025

4.2. Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ

1. Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Отопление» на тему «Отопление и теплоснабжение индивидуального жилого дома» для студентов специальностей 1-700402, 1-700471 для всех форм обучения/ В.Г. Новосельцев; Д.В.Новосельцева УО «Брестский государственный технический университет». – Брест, 2025.

4.3. Перечень тем лабораторных занятий, их название

1. Изучение работы системы водяного отопления с естественной циркуляцией и электрическим котлом.

2. Изучение конструкции и исследование работы системы водяного отопления индивидуального жилого дома радиаторами и теплым полом.

3. Исследование различных способов автоматизированного управления современными системами водяного отопления индивидуальных жилых домов.

4. Изучение устройства и исследование работы водо-водяного парокompresсионного теплового насоса.

4.4. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности используются:

1. Текущая аттестация.

2. Курсовая работа с устной защитой.

3. Промежуточная аттестация (устный зачет).

К промежуточной аттестации студенты допускаются при условии успешного прохождения текущей аттестации по учебной дисциплине, а также сдаче и защите курсовой работы. Результаты текущей аттестации учитываются при проведении промежуточной аттестации по дисциплине.

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в виде:

для очной формы обучения:

– устный опрос на практических занятиях. В семестре предусмотрены три текущие аттестации, весовые коэффициенты всех аттестаций по дисциплине, включая промежуточную, составляют: $K_{\text{ТЕКкурс1}} = 0,1$; $K_{\text{ТЕК2}} = 0,2$; $K_{\text{ТЕКкурс2}} = 0,1$; $K_{\text{ПРОМЕЖ}} = 0,6$.

При расчете итоговой отметки по текущим аттестациям $K_{\text{ТЕКкурс1}}$ и $K_{\text{ТЕКкурс2}}$ учитывается объем качественно выполненного к моменту аттестации курсовой работы (в соответствии с графиком курсового проектирования).

для заочной формы обучения:

– устный опрос на практических занятиях. В семестре предусмотрена одна текущая аттестация, весовые коэффициенты аттестаций по дисциплине, включая промежуточную, составляют: $K_{\text{ТЕК}}=0,1$; $K_{\text{ПРОМЕЖ}} = 0,9$.

К промежуточной аттестации студенты допускаются при условии успешного прохождения текущей аттестации по учебной дисциплине, а также сдаче и защите курсовой работы. Результаты текущей аттестации учитываются при проведении промежуточной аттестации по дисциплине.

4.6. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине.

Для поведения самостоятельной работы студентами используются литературные источники, приведенные в п.4.1.

№ п/п	Название раздела, темы	Номер литературы из списка
1	Отопление и теплоснабжение сельскохозяйственных объектов	Основная: 1, 3 Дополнительная: 1-6, 8, 10
2	Отопление и теплоснабжение индивидуального строительства. Автоматизированное управление системами отопления и теплоснабжения индивидуальных жилых домов.	Основная: 2,4 Дополнительная: 1, 9
3	Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства и индивидуального строительства за счет нетрадиционных источников теплоснабжения	Дополнительная: 1,7

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Гидравлическое регулирование современных систем отопления	ТГВ		

[вернуться к оглавлению](#)